PHYSIKALISCHE ZEITSCHRIFT

No. 2. 15. Januar 1922. Redaktionsschluß für No. 4 am 1. Februar 1922. 23. Jahrgang.

INHALT:

Originalmitteilungen:

A. Leontiewa, Über die Entladungspotentiale für schnelle elektrische Schwingungen. S. 33.

W. Arkadiew, Über die Herstellung von schwachgedämpften kurzen Hertzschen Wellen. S. 35.

F. Schindelhauer, Über den in einer Antenne fließenden luftelektrischen Vertikalstrom. S. 36.

H. Rohmann, Studien über die Doppelbrechung des Lanolins. S. 39.

K. Lichtenecker, Das Zuordnungsproblem der Strahlentheorie für zwei Arten von Individuen, auf symmetrische Form gebracht. I. S. 43.

Fr. Burmeister, Bemerkung zu L. Geiger: „Herdbestimmung bei Erdbeben aus den Ankunftszeiten". S. 45.

Vorträge und Diskussionen des deutschen Physikertages in Jena vom 18.—24. September 1921:

A. Kalähne, Weitere Untersuchungen über Entladungserscheinungen des leuchtenden Chininsulfates. S. 45.

H. Dingler, Die Rolle der Konvention in der Physik. S. 47.

L. Zehnder, Folgerungen aus der Kugelform der einfachsten Atome. S. 53.

Besprechungen:

H. Gröber, Die Grundgesetze der Wärmeleitung und des Wärmeüberganges. S. 55.

M. Brendel, Über die astronomischen Arbeiten von Gauß. S. 56.

Personalien. S. 56.

Angebote. S. 56.

Gesuche. S. 56.

ORIGINALMITTEILUNGEN.

Über die Entladungspotentiale für schnelle elektrische Schwingungen.

Von A. Leontiewa.

Einleitung.

Trotz der vielen Arbeiten, welche die Frage über die Abhängigkeit der Funkenlänge von der Entladungsspannung bei der langsamen Elektrisierung der Entladungsstrecke behandeln, ist die Frage über die Funkenlänge bei sehr schneller Entstehung der Spannung zwischen den Kugeln eines Funkenmikrometers bisher nur sehr wenig berührt. Abgesehen von ihrer theoretischen Bedeutung, kann diese Erscheinung vom Standpunkt der Bestimmung der Amplitude von schnellen elektrischen Schwingungen Interesse haben. Algermissen[1]) maß die Funkenspannungen bei gedämpften Kondensatorentladungen bei der Funkenlänge von 0,1 bis 2 cm und bei der Wechselzahl von 10^6/sec bis 10^8/sec. Jedoch fehlten bisher die Beobachtungen für kürzere Funken und für kleinere Perioden, was bei einigen Untersuchungen mit elektrischen Schwingungen nutzbar sein kann. Darum hat Herr Prof. W. Arkadiew mir vorgeschlagen, die Abhängigkeit des Funkenpotentials von der Funkenlänge nach der Methode von Algermissen zu untersuchen, und zwar in dem Bereiche der Wellenlänge von 2 Meter bis 42 Meter für Funken von 20 Mikronen und länger.

1) J. Algermissen, Ann. d. Phys. **19**, 1016, 1906. Über längere Funken bei Induktorentladungen siehe C. Sammson, Ann. d. Phys. **55**, 619, 1918. Bei sinusoidaler Spannung (Wechselstrom von 80 bis 500 Perioden sec.) hat J. Lilienfels die Funkenpotentiale bestimmt. Leipz. Ber. Math. Phys. Kl., **71**, 145, 1919. Referat: Phys. Ber., **1**, 1206, 1920.

Die Methode.

Bei der Entladung der Schwingungskreise $F_1C_1D_1LD_2C_2F_1$ (Fig. 1), wo die Selbstinduktion $D_1C_1F_1C_2D_2$ im Vergleich mit L sehr klein ist[1]), ist das Potential P_2 in F_2 fast gleich der Funkenspannung P_1 in F_1. Das genaue Verhältnis $\varkappa = \frac{P_2}{P_1}$ wurde nach Algermissen bestimmt und wurde dabei gleich 0,94 für größere L (3000 cm), 0,91 für mittlere und 0,86 bei kleinen (110 cm) Selbstinduktionen L gefunden. Die Spannung P_1 wurde mittels der Tabellen von Heydweiller[2]) und Earhart[3])

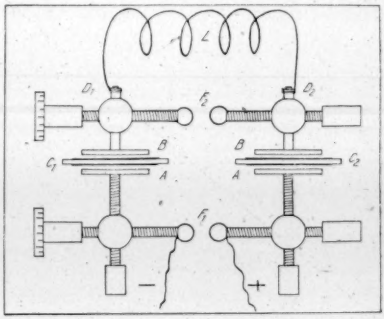


Fig. 1.

1) Betreffs der genaueren Formulierung und Anwendungsgrenzen siehe Algermissen, Seite 1020.

2) A. Heydweiller, Landolt-Börnstein, Phys.-Chem. Tab., 1059, 1912.

3) R. F. Earhart, Phil. Mag. **1**, 147, 1901.

nach der Funkenlänge bestimmt. Wir haben jetzt:

$$P_2 = \varkappa P_1.$$

Der Durchmesser von Messingkugeln in F_1 und F_2 war gleich 5 mm. In einem anderen Apparat (Fig. 2) wurde die schädliche Selbstinduktion

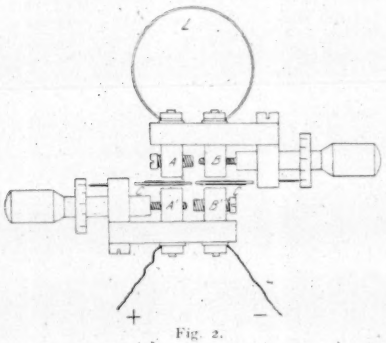


Fig. 2.

auf ein Minimum herabgemindert. Dabei wurde $\varkappa$ gleich 1 genommen. Dieser Apparat wurde bei kleineren Wellenlängen benutzt. Die Entladungselektroden bestanden aus einer polierten Fläche und einem abgerundeten Schraubenende von etwa 1,3 mm Krümmungsradius.

Zur Prüfung waren die Funkenmikrometer der beiden Apparate miteinander parallel verbunden; der Versuch zeigte, daß bei der langsamen Elektrisierung den gleichen Funkenstrecken die gleichen Entladungspotentiale entsprechen. Darum könnte man in beiden Fällen die Potentiale für Kugeln anwenden.

Durch Austausch der einschaltbaren Kondensatoren C [mit Stanniol bekleidete Glasplatten (Kapazität von 16—240 cm)], konnte man die Wellenlänge λ variieren und bei verschiedenen λ die Entladungspotentiale bestimmen. Die Wellenlänge wurde bei verschiedenen C und L mittels der Resonanz auf eine Meßanordnung aus Drahtrechteck und bekannter Kapazität gemessen[1]).

Die Energiezufuhr wurde mittels eines Induktoriums durch flüssige Widerstände verwirklicht. Bei kleineren Kapazitäten wurde ein kleineres Induktorium als bei größeren Kapazitäten verwendet. Die Induktorien wurden mit Wechselstrom (50 Per./sec) oder mit Gleichstrom und Hammerunterbrecher gespeist[2]). Die Größe des Wasserwiderstandes und der primäre Strom des Induktoriums wurden so gewählt, daß die Funken der Entladung des Induktoriums selbst diejenige der oszillatorischen Entladung der Schwingungskreise nicht störten.

1) Siehe z. B. P. Drude, Ann. d. Phys. 9, 611, 1920.
2) Die beiden Betriebsarten, sowie die Ladung mit Influenzmaschine, gaben die gleichen Resultate.

Messungen.

Bei den Messungen wurde in F_1 ein derartiger Elektrodenabstand eingestellt, daß bei der gegebenen Stromstärke im Induktorium die Funken F_1 regelmäßig übersprangen. Die Elektroden F_2 werden entweder auseinander geschoben, bis der Funke F_2 noch bestand, oder die schon früher auseinander geschobenen Elektroden werden zusammengeschoben, so daß die Funken übersprangen. Die beiden Verfahren geben ungefähr die gleichen Resultate, da die Ablesungsdifferenz, die sich zwischen den beiden Ablesungsmethoden zeigte, keine systematische Ablenkung der Funkenlänge zu einer etwaigen bestimmten Seite verursachte und nicht größer war, als in einer Messungsreihe, die nach einem von diesen beiden Verfahren ausgeführt wurde. Die Funkenlänge wurde immer aus 5 bis 10 Ablesungen ermittelt. Der wahrscheinliche Fehler einer einzelnen Beobachtung war gleich etwa 7 μ, der wahrscheinliche Fehler des Resultats ist gleich etwa 3 μ. Das entspricht einem Fehler in der Bestimmung von P_2 von ca. 5—10 Proz. Nach jeden 5 bis 10 Ablesungen wurden die Elektroden von den Funkenmikrometern mit feinem Schmirgelpapier poliert und mit einem Lappen abgerieben. Die Beobachtungen wurden bei schwachem zerstreuten Tageslicht und mittlerer Feuchtigkeit ausgeführt. Die Funkenstrecke F_2 wurde von dem Licht F_1 sorgfältig abgeschirmt.

Resultate.

In der Tab. I und in der Fig. 3 sind die Resultate der Messungen mit den beiden Apparaten gegeben. Dabei war die Form der Entladungselektroden verschieden; der Versuch zeigte, daß die Elektrodenform keinen merkbaren Einfluß auf die erhaltenen Resultate bei den kleineren Funken und kürzeren Wellen (2—6 m) hatte, wenn die beiden Apparate angewendet wurden. Wir sehen eine starke Steigerung der Entladungsspannung zu den kürzeren Wellen, wo sie fünfmal größer sein kann, als bei der statischen Ladung der Funkenstrecke.

Die Kurven lehren, daß die Abhängigkeit von P_2 von dem Elektrodenabstand F_2 in der Form dargestellt werden kann:

$$P_2 = aF_2 + b.$$

In der Tab. II sind zum Vergleich verschiedene Werte P, die von Algermissen und mir erhalten wurden, zusammengestellt. Wir sehen

Tabelle I.

Entladungsspannung P_2 in Volt zur Schlagweite F_2 Mikronen zwischen Kugeln vom Durchmesser 5 mm. Für Wellenlänge von 41,7 m bis 1,9 m.

41,7 m		36,1 m		25,6 m		17,1 m		14,1 m		8,3 m		6,4 m		3,8 m		1,9 m	
F_1	P_1	F_2	P_2	F_2	P_2	F_2	P_2	F_2	P_2	F_2	P_2	F_2	P_2	F_2	P_2	F_2	P_2
24	990	24	700	24	790	18	940	18	960	24	1120	10	970	15	1230	10	1510
31	700	31	744	30	930	27	980	35	1230	34	1480	12	1080	20	1650	15	1810
44	880	42	960	41	1040	40	1250	37	1250	41	1770	18	1160	30	1830	20	2010
59	1060	47	1070	50	1240	51	1450	50	1480	50	2000	20	1280	35	1900	23	2100
75	1240	50	1210	61	1310	55	1520	61	1630	55	2150	30	1580	40	2200	25	2200
79	1310	63	1320	71	1470	61	1600	88	2100	61	2330	35	1730	45	2460	30	2370
		78	1430							63	2400	36	1780	50	2500	32	2470
										69	2520	40	1990	60	2720	45	3050
										72	2630	43	2000	70	3010	53	3340
										84	3000	45	2050	80	3360	62	3850
1000	8060	840	7530							101	3390	57	2400	120	5050	75	4170
1250	8980	1050	8460									60	2610	140	6020	84	4300
1500	9800	1870	12220									65	2650	180	6640	115	5600
1750	10700	2000	12700									80	3180			120	6020
2600	13000	2960	15800													150	6990
2700	14100																

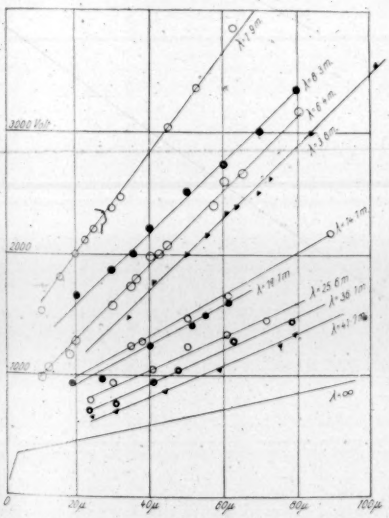


Fig. 3

hier eine befriedigende Übereinstimmung, dagegen zeigen die Resultate von Hubbard[1]) keine solche mit denjenigen von mir gefundenen.

1) J. C. Hubbard (Phys. Rev. **32**, 565, 1911) bestimmt die Entladungspotentiale eines Kondensators (C = 200 bis 600 cm), der mit den Enden einer Spule verbunden war. Bei der Unterbrechung des Spulenstromes entsteht eine Potentialdifferenz P_2 an den Kondensatorplatten, die Hubbard nicht richtig berechnet, da er die Kapazität der Spule (L = 0,715 bis 3,01 Henry) nicht in Rechnung zieht.

Tabelle II.

F_2 cm	Algermissen λ = 60 m	Leontiewa λ = 41,7 m
0,100	8200	8060
0,125	9000	8980
0,150	10000	9850
0,175	10900	10700
0,200	11800	10900
0,260	14000	13600
0,270	14500	14100
F_2 cm	λ = 6 m	λ = 6,4 m
0,0580	8500	8470
0,0930	11000	10790
0,1000	12000	11300

Zum Schluß sei es mir gestattet, Herrn Prof. W. Arkadiew für die Anregung und Leitung der Arbeit meinen Dank auszusprechen.

Moskau, Physikalisches Institut der Universität, September 1921.

(Eingegangen 10. Oktober 1921.)

Über die Herstellung von schwachgedämpften kurzen Hertzschen Wellen. Versuche von B. Milentz.

Von W. Arkadiew.

Falls wir einen Hertzschen Vibrator und Resonator haben, die sich in 2 Hertzschen Spiegeln befinden, so hängt die Wellenlänge, die man mittels eines Interferometers bestimmen kann, von der Länge des Vibrators und derjenigen des Resonators ab, sowie von den Entfernungen der beiden von den

Wänden der Hertzschen Spiegel. Sind diese vier Dimensionen in guter Übereinstimmung miteinander, so hat die Interferenzkurve ein sehr regelmäßiges Aussehen und die Wellenlänge, die daraus zu berechnen ist, hat einen einzigen bestimmten Wert. Das Verhältnis der Amplituden von demselben Verzeichnis, das man aus dieser Kurve in der Annahme des sinusoidalen Wellenzuges berechnen kann, ist ziemlich klein (ca. 1.4[1]), logar. Dekrement ca. 0,35). Die Dämpfung kann man noch mehr vermindern, falls man die Strahlen von dem primären Spiegel vorläufig von einer Art des Echelettgitters reflektiert und nur dann auf den Interferometer wirft (vgl. Fig. 1). Wenn

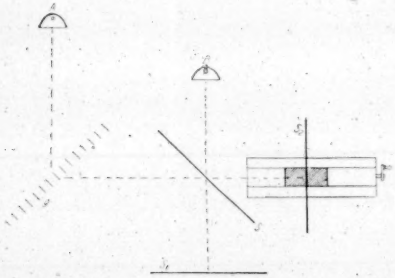


Fig. 1.

die Periode des Gitters und die angegebenen vier Längendimensionen gut passen, so kann man eine sehr regelmäßige Kurve erhalten, und zwar mit einer erheblich kleineren Dämpfung. In Fig. 2 ist eine Kurve ohne Anwendung des Gitters und eine mit Gitter gezeichnet. Die Wellenlänge wurde im ersten Fall

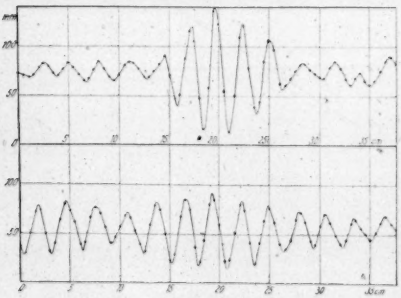


Fig. 2.

1) Siehe z. B. W. Arkadiew, Ann. d. Phys. **45**, 133, 1914.

gleich 5,4 cm und im zweiten — gleich 5,8 cm gefunden. Die Streifen des Gitters waren 38 cm lang und 3,9 cm breit. Ihre Periode wurde gleich $\frac{\lambda}{2}\sqrt{2} = 4{,}17$ cm, was der Wellenlänge 5,9 cm entspricht. Obwohl dieser Wert demjenigen von den Spiegeln ($\lambda = 5{,}4$ cm) nicht gut entspricht, so scheint die Interferenzkurve ein ziemlich regelmäßiges Aussehen zu haben. Das logarithmische Dekrement erweist sich in verschiedenen Teilen der Kurve gleich 0,19, 0,16, 0,11 und 0,10, statt 0,64 und 0,35, was man ohne Gitter erhalten würde.

Die so erhaltene Strahlung mit viermal verkleinertem Dekrement kann man mittels eines Hohlspiegels auf einen Resonator konzentrieren und längs den Drähten senden[1]) und in dieser Form zu spektralanalytischen Zwecken verwenden. Die kürzeren Wellen (bis 2 cm) sind mittels des beschriebenen Verfahrens leicht herstellbar.

Diese Versuche sind auf meine Anregung von Herrn Boris Milentz in der Schanjawskyer Universität ausgeführt worden. Infolge von Kriegsumständen konnten sie nicht vollendet werden.

1) Siehe W. Arkadiew, Ann. d. Phys. **58**, 105, 1919

Moskau, Physikalisches Institut der Universität, August 1921.

(Eingegangen 3. November 1921.)

Über den in einer Antenne fließenden luftelektrischen Vertikalstrom.

(Vorläufige Mitteilung des Meteorol.-Magn. Observatoriums Potsdam.)

Von F. Schindelhauer.

Eine in das elektrische Feld der Erde hineinragende geerdete offene Antenne wirkt wie eine Elektrode, welche das Fließen des luftelektrischen, gegen Erde gerichteten Gleichstroms um so mehr begünstigt, je größer ihre Höhe und je besser ihre Kollektorwirkung ist. Messungen und photographische Aufzeichnungen dieses Antennengleichstroms sind bereits von Dieckmann[1]) in Gräfelfing veranlaßt worden. Da über den zeitlichen Verlauf, die tägliche und jährliche Änderung des Antennengleichstroms bisher nichts bekannt ist, so wur-

1) Experimentelle Untersuchungen aus dem Grenzgebiet zwischen drahtloser Telegraphie und Luftelektrizität. In Luftfahrt und Wissenschaft, Berlin 1912.

den die Messungen in Potsdam in etwas anderer Anordnung wiederholt.

Als Antennengebilde dienten zwei in verschiedener Höhe übereinander ausgespannte vierdrähtige Schirmantennen, welche in der Folge als Hoch- und Niedrigantenne bezeichnet werden mögen. Die Schirmdrähte waren bei beiden 40 m lang und bildeten ungefähr einen rechten Winkel, jedoch waren die Mittelpunkte der beiden Drahtkreuze um 6 m in der Horizontalprojektion gegeneinander verschoben, und die Drähte der Hochantenne waren gegen die Erdoberfläche geneigt, während die der Niedrigantenne horizontal liefen. Die Zuführungen waren bei beiden Antennen im Mittelpunkt der Schirmdrähte angebracht. Die Hochantenne war in einer Höhe von 39 m an dem geerdeten (mit dem Blitzableiter verbundenen) Mast des großen Turmes des Meteorologisch-Magnetischen Observatoriums aufgehängt. Der Mast ragte noch etwa 2 m über den Antennenmittelpunkt hinaus. Die Gefahr, daß Sprühen der Hochantenne bei großen Feldstärken eintrat, war auf diese Weise erheblich verringert. Die Höhe der Schirmdrähte betrug 24 m. Die Höhe der Niedrigantenne war 6 m, die Kapazitäten 1200 bzw. 1300 cm.

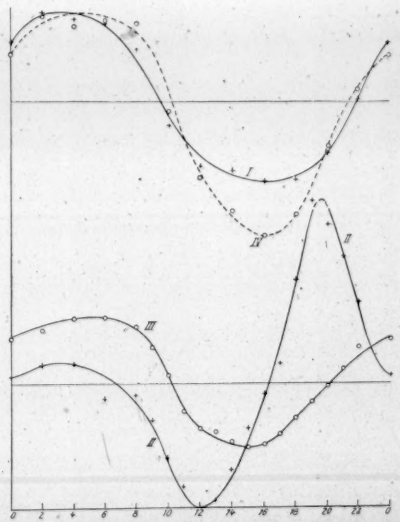
Da für die Versuche ein passendes Galvanometer zur Zeit nicht verfügbar war, so wurden die Antennen über einen Widerstand geerdet und die Spannung an den Enden des Widerstandes elektrometrisch gemessen. Als Elektrometer diente ein Quadrantenelektrometer von Dolezalek (Empfindlichkeit 1 Volt = 4000 mm). Als Widerstände wurden Manganinwiderstände von 10^4 bis 10^5 Ohm benutzt. Um schnelle zeitliche Änderungen des Antennengleichstroms messen zu können, wurde für eine Reihe von Beobachtungen ein Wulfsches Einfadenelektrometer angeschaltet. Der Widerstand mußte dann bedeutend größer gewählt werden, nämlich bis $4 \cdot 10^6$ Ohm. Hierbei mußten Silitwiderstände benutzt werden, deren Inkonstanz und Polarisationserscheinungen bekannt sind[1]). Da außerdem die Isolationswiderstände zeitweise schon merklich von der Größenordnung des Parallelwiderstandes sein können, so haben diese Beobachtungen nur vorläufigen Wert. Als Antennenisolatoren dienten Porzellanknüppel von 30 cm Länge und 2,5 cm Durchmesser.

Die Ablesungen geschahen am Tage meist stündlich, nachts zweistündlich. Mit dem Quadrantenelektrometer wurden zur vollen Stunde fünf Ablesungen in Abständen von 1 Minute gemacht, mit dem Einfadenelektrometer wurde 10 Minuten lang alle 5 Sekunden abgelesen. Unmittelbar nach der Messung der Hochantenne wurde auf die Niedrigantenne umgeschaltet. Es wurde nur im positiven Erdfelde beobachtet, nicht bei gestörtem Potentialgefälle, also während Niederschlagstätigkeit, oder wenn bei größeren Windgeschwindigkeiten durch aufgewirbelten Staub negative Gefällswerte eintraten. Die letzteren kündigten sich übrigens im Antennengleichstrom durch Umkehrung der Stromrichtung schon weit früher an. Auf die Art und Höhe der Bewölkung wurde keine Rücksicht genommen.

Die Beobachtungen zerfallen zeitlich in zwei verschiedene Reihen, von denen die erste Juni-Juli 1920, die zweite Oktober-November desselben Jahres erhalten wurde. Bildet man für jede Reihe die Mittelwerte aus sämtlichen Beobachtungen, so erhält man

Juni-Juli	Hochantenne	0,84 . 10^{-8}	Amp.
	Niedrigantenne	0,5	„
Okt.-Novbr.	Hochantenne	18,2	„
	Niedrigantenne	2,7	„

Die Errechnung des täglichen Ganges ergab die Kurven I, II, III, in denen die Abweichungen vom Mittelwert für die Tagesstunden aufgetragen sind. Kurve I zeigt den täglichen Verlauf des Ausgleichstroms im



[1]) Leithäuser, Jahrbuch d. drahtl. Telegr. 14, 152, 1919.

Sommer in der Hochantenne, Kurve II und III dasselbe für den Winter in Hoch- und Niedrigantenne. Für die Niedrigantenne ließ sich noch keine Sommerkurve zeichnen, da die Anzahl der Beobachtungen zu gering war.

Der gemeinsame Grundcharakter aller Kurven ist ein einfacher täglicher Gang, der schon in jeder einzelnen Tageskurve mit großer Regelmäßigkeit zutage tritt. Das Maximum tritt morgens etwa um 4 Uhr ein, das Minimum fällt auf die Nachmittagsstunden. Der Vergleich der Kurven II und III zeigt, welche Unterschiede schon bei geringen Höhendifferenzen auftreten. Während in den Nacht- und Vormittagsstunden beide Antennen parallelen Verlauf haben, setzt mittags in der oberen ein sehr schnell anwachsender Strom ein, der aber nur bis 7 Uhr abends anhält, um dann ebenso schnell wieder abzufallen. Anscheinend zeigt die Niedrigantenne eine Phasenverzögerung gegen die Hochantenne von 2 bis 3 Stunden.

Die Kurven haben mit Feldkurven keine Ähnlichkeit. Ihr Verlauf läßt sich erklären, wenn man annimmt, daß der in den Antennen fließende Strom im wesentlichen ein Kollektorstrom ist. Beide Antennen haben im positiven Erdfelde eine negative Ladung von hoher Oberflächendichte. Infolgedessen werden die durch den Zerfall der radioaktiven Emanationen freigemachten positiv geladenen Restatome auf den Antennenleitern konzentriert, zerfallen dort weiter und wirken ionisierend auf die unmittelbar benachbarten Luftschichten. Die Menge des aktiven Niederschlags und die Geschwindigkeit seines Zerfalls hängen ab von der Feldstärke in der Umgebung der Antennenleiter und von der Art und Menge der vorhandenen Emanationen, welche, aus der festen Erdoberfläche stammend, durch Massenaustausch in höheren Schichten emporgetragen werden. V. F. Hess und W. Schmidt[1]) haben unter gewissen Voraussetzungen für die Größe des Austauschs die Gesetze der Höhenverteilung der radioaktiven Gase berechnet. Wegen der langen Halbwertszeit der Radiumemanation kann nach ihnen, selbst wenn man einen ausgeprägten täglichen Gang des Austauschs in den bodennahen Schichten annimmt, eine tägliche Periode nicht entstehen. Es kommen also nur die kurzlebigen Thorium- und Aktiniumemanationen und ihre Folgeprodukte als Ursache der täglichen Schwankung in Frage. Die bei den Potsdamer Beobachtungen gefundenen großen Unterschiede der Stromstärke im Sommer und Herbst erklären sich dann durch die zu beiden Jahreszeiten verschiedenen Austauschwerte. Im Sommer wird bei großem Austausch die Emanation in größere Höhen emporgeführt als im Herbst, die Luft enthält also in der kälteren Jahreszeit in den bodennahen Schichten mehr Emanation als im Sommer. Gleiches gilt für die tägliche Schwankung, die Nachtwerte sind größer als die Tageswerte, auch bleiben die Kurven im Winter kürzere Zeit über dem Mittelwert als im Sommer. Hierbei ist allerdings noch ein zweiter Faktor zu berücksichtigen, welcher am Tage unter Umständen entgegengesetzt wirken kann: Durch die Erwärmung der festen Erdoberfläche am Tage wird verstärktes Ausblasen von Emanationen aus der festen Erdrinde veranlaßt. Auf diese Weise erklärt sich vielleicht der Anstieg von 12—19 Uhr in Kurve II. Dieser Effekt muß besonders in der kälteren Jahreszeit hervortreten, weil dann Anreicherung von Emanation in der festen Erdoberfläche möglich ist. Die Amplitude der täglichen Schwankung ist in der Hochantenne etwa zehnmal größer als in der Niedrigantenne (die Maßstäbe in der Figur verhalten sich wie 1 : 4), weil sich mit zunehmender Höhe größere Unterschiede in der Höhenverteilung der radioaktiven Zerfallstoffe herausstellen müssen. Vielleicht wirkt auch die wesentlich höhere Feldstärke an der oberen Antenne hierbei mit.

Für die Praxis der drahtlosen Telegraphie scheint der Antennengleichstrom insofern von Bedeutung zu sein, als er eben kein reiner Gleichstrom ist, sondern, wie die Beobachtungen mit dem Einfadenelektrometer zeigen, in kurzen Zeiträumen großen Schwankungen unterworfen ist. Sobald daher ein schwingungsfähiger Kreis in die Antenne geschaltet wird[1]), muß jede Änderung der Stromstärke an den Enden der Selbstinduktion eine EMK $e = -L\frac{di}{dt}$ erzeugen, welche den Kondensator auflädt und einen gedämpften Wellenzug erzeugt, auf welche Wellenlänge der Kreis auch immer abgestimmt sein mag.

Als Ursache der Stromschwankungen braucht man nicht notwendigerweise reelle Potentialänderungen anzunehmen, vielmehr können auch Schwankungen in der Kollektorwirkung der Antennenleiter die erwähnte Wirkung haben.

Um ein ungefähres Maß für die zeitlichen Stromänderungen zu erhalten, wurden zwischen

1) Diese Zeitschr. 19, 109, 1918.

1) Kondensator parallel zur Antenne. Bei Anwendung eines Verkürzungskondensators treten große Spannungsschwankungen der isolierten Antenne ein.

den mit dem Einfadenelektrometer in Zeitabständen von 5 Sekunden gewonnenen Einzelablesungen Differenzen gebildet. Die hieraus berechneten stündlichen Mittelwerte ergaben den in Kurve IV (gestrichelt) dargestellten täglichen Gang für Juni-Juli. Die Kurven des Antennengleichstroms und seiner Änderungsgeschwindigkeit verlaufen durchaus parallel. Ein analoges, aber weniger klares Resultat ergab die Bearbeitung der mit dem Quadrantenelektrometer im Oktober bis November erhaltenen Einzelablesungen. Wenn man annimmt, daß tatsächlich der Antennengleichstrom als störungsbildender Faktor mit in Frage kommt, so muß während der Nacht die Anzahl und Stärke der Störungen ein Maximum erreichen. Die Erfahrungen der drahtlosen Praxis stehen damit im Einklang.

Ein Vergleich des Gesamtmittels der Änderungszahl für die beiden Antennen ergab

„ für Hochantenne 2,19,
„ Niedrigantenne 0,08.

Die mit abnehmender Höhe der Antenne zunehmende Störungsfreiheit kommt klar zum Ausdruck.

Die „Gesellschaft für drahtlose Telegraphie" (Telefunken) und die „Drahtloser Überseeverkehr" A. G. (Transradio) haben dem Observatorium in dankenswerter Weise Antennenmaterial zur Verfügung gestellt und dadurch die Versuche ermöglicht.

(Eingegangen 7. November 1921.)

Studien über die Doppelbrechung des Lanolins.

Von Hermann Rohmann.

In dieser Zeitschrift **20**, 256, 1919, habe ich einige Beobachtungen über doppelbrechendes Lanolin beschrieben, die ich inzwischen nach verschiedenen Richtungen vervollständigen konnte, da ich mehrere Proben von Lanolin (Wollfett, Lanolinum anhydricum oder Adeps lanae) erhielt, darunter eine größere Menge Adeps lanae II von der Firma Merck, Darmstadt. Diese Untersuchungen wurden unterbrochen durch mein aus äußeren Gründen erforderlich gewordenes Weggehen von Tübingen; ich habe sie hier fortgesetzt, soweit es die mir zur Verfügung stehende Zeit und die Mittel gestatteten.

1. Brechungsexponenten von Lanolin.

Die beobachtete Erscheinung ist folgende: Lanolin, untersucht nach der Methode der Totalreflexion an einem Prisma, ist doppelbrechend, es ergibt zwei zueinander senkrecht polarisierte Grenzen der totalen Reflexion, die verschieden weit auseinander liegen, je nachdem man das Lanolin auf die eine Prismenfläche parallel oder senkrecht zur Einfallsebene aufstreicht.

Die vier Brechungsexponenten, die sich bei dieser Messung ergeben, bezeichnen wir mit n_{ss}, n_{sp}, n_{ps} n_{pp}, wo der erste Index angeben soll die Lage der Streichrichtung zur Einfallsebene, der zweite Index dagegen die Lage des elektrischen Vektors in der reflektierten Welle (s senkrecht, p parallel zur Einfallsebene).

n_{sp} und n_{ps} entsprechen beide den gleichen Lichtschwingungen im Lanolin, nämlich solchen, bei denen der elektrische Vektor im Lanolin senkrecht zur Oberfläche steht, wie es Fig. 1 andeuten soll. Diese beiden Brechungsexponenten müssen also notwendig gleich sein, wie auch das Experiment innerhalb der Meßfehler immer ergibt.

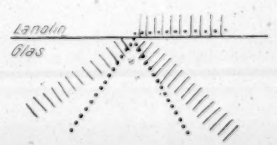


Fig. 1.

Beobachtet man eine zwischen zwei Deckgläschen verstrichene Lanolinplatte im Polarisationsmikroskop, so ist für die Aufhellung maßgebend der Unterschied der Brechungsexponenten n_{ss} und n_{ps}.

Verschiedene Lanolinsorten ergeben ganz verschiedene Wertsysteme der Brechungsexponenten, sie liefern gewissermaßen künstliche Kristallplatten von ganz verschiedenen Kristallsystemen und Orientierungen. (Lanolin ist chemisch nicht einheitlich; da es das Produkt eines Lebensvorganges ist, so ist seine Variationsmöglichkeit offenbar sehr groß.) Schmelzen oder Lösen der Substanz ändert das optische Verhalten tiefgreifend. Beim Aufbewahren eines so veränderten Materials scheint langsame Umwandlung stattzufinden.

Ich führe im folgenden die Werte der Brechungsexponenten für einige Lanolinsorten an, für *Na*-Licht und 20° Celsius (mit abnehmender Temperatur wachsen im allgemeinen die Brechungsexponenten stark an).

Lanolinsorte	$n_{sp}=n_{pp}$	n_{ps}	n_{ss}	
1	1,4995	(ca.) 1,4995	1,4968	Material aus einer Tube. S. vorige Notiz.
2	1,5000	1,4962	1,4949	Adeps lanae II Merck.
3	1,4974	1,5011	1,5018	Adeps lanae. Geschmolzen.
4	1,5350	1,4990	1,4995	Adeps lanae. Harter Bestandteil, vgl. unten.

Das Material 1, das ich zufällig fand und das ich aus anderen Sorten bisher nicht wieder aufzufinden vermochte, entspricht ziemlich exakt einem einachsigen negativen Kristall mit der optischen Achse parallel zur Streichrichtung. Die andern Materialien könnten nach den Brechungsexponentbestimmungen auch optisch zweiachsig sein; faßt man sie als einachsig auf, so liegt die optische Achse um einen berechenbaren Winkel schief gegen die Streichrichtung.

2. Bestimmung der optischen Achsen.

Zur Untersuchung dieser Folgerung benutzte ich den in Fig. 2 skizzierten Aufsatz

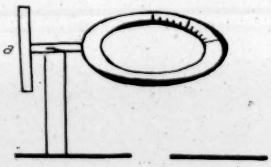


Fig. 2.

für den Tisch eines mit Nikols versehenen Mikroskops. Um eine horizontale Achse *a* ist drehbar ein Ring, in den eine zwischen runden Deckgläschen verstrichene Lanolinplatte drehbar eingesetzt wird. Der Lanolinplatte kann so eine beliebige gemessene Neigung und ein beliebiges Azimut gegenüber den Lichtstrahlen gegeben werden. Durch Anwendung schwacher Objektive und kleiner Kondensorblende wurde für genügend enge Strahlenbündel gesorgt. Es gelingt mit diesem Apparat leicht, für Lanolinsorte 2 Streichrichtung und Winkel so einzustellen, daß das Gesichtsfeld bei gekreuzten Nikols verdunkelt ist und verdunkelt bleibt, wenn man den Mikroskoptisch mit dem ganzen Aufsatz dreht. (Wegen der bei den Brechungen an den Glasplatten auftretenden Polarisation ist eigentlich eine Beschränkung auf kleine Winkel nötig, praktisch findet man aber, daß das belanglos ist, die Einstellung auf bleibende Dunkelheit ist relativ scharf. Man muß nur auf spannungsfreie Deckgläschen achten.)

Bei Lanolin 2 steht bei der fraglichen Einstellung die Lanolinstreichrichtung senkrecht zur Drehungsachse *a* und diese Achse *a* ist von ihrer Nullstellung aus (in der die Lanolinplatte senkrecht zu den Lichtstrahlen steht) um einen Winkel von ca. 42° verdreht, in dem Sinne, wie es Fig. 3 andeutet, wo der Pfeil

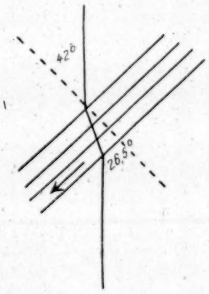


Fig. 3.

auf der unteren Glasplatte den Sinn der Streichrichtung angeben soll. Eine zweite derartige Dunkelstellung ist nicht aufzufinden, wir dürfen also dieses Material als optisch einachsig ansehen.

Der Winkel der optischen Achse im Lanolin gegen die Schichtnormale berechnet sich entsprechend einem Brechungsexponenten von ca. 1,5 für Glas und Lanolin zu ca. 26,5°, ungefähr ebenso groß, wie er sich aus den Brechungsexponenten berechnet.

Für die Lanolinsorte 3, also für das gleiche Material, nur geschmolzen und wieder erstarrt, findet man in der gleichen Weise 2 Dunkelstellungen unter Winkeln von 31° und 12° in Luft gemessen, derart, daß die Ebene der optischen Achsen die Streichrichtung enthält. Die zweite Dunkelstellung ist weniger gut ausgeprägt, aber deutlich beobachtbar. Dieses Material ist also optisch zweiachsig. Wenn man diese Lanolinsorte mit unvulkanisiertem Kautschuk zusammenschmilzt, erhält man ein Produkt, bei dem sich die Zweiachsigkeit noch deutlicher zeigt.

3. Der harte Lanolinbestandteil.

Ich hatte für die Erklärung dieser Doppelbrechung zuerst gedacht an eine Homöotropie

im Sinne Lehmanns, also an eine Richtung von Molekülen, da die Lanolinarten nur ganz wenig trübe sind. Auch stellte ich einige Kontrollversuche darüber an, ob es sich dabei um eine akzidentelle Doppelbrechung, wie bei gedrücktem Glas handeln könne, da das Lanolin eine gewisse Starrheit hat und da sich an ihm sogar eine Art Elastizitätsgrenze messen läßt.

Es stellte sich aber bald heraus, daß die Erklärung viel einfacher ist. Man kann aus dem Lanolin viel stärker doppelbrechende Substanzen herausziehen, die offenbar in dem ursprünglichen Material als kleine Kriställchen verteilt sind. Die meisten Versuche sind an dem Material 2 gemacht, das mir allein in größerer Menge zur Verfügung stand. Löst man dieses unter geringem Erwärmen in Amyl- oder Isobutylalkohol, so fällt aus der Lösung beim Abkühlen und Stehen eine pulverige, weiße Masse aus. Auf dem Filter gesammelt und getrocknet, liefert sie ein stearinähnliches Material. Wird dieses auf ein Prisma direkt oder nach vorherigem Schmelzen verstrichen, so liefert es die oben für Lanolinsorte 4 aufgeführten Werte der Brechungsexponenten, also eine sehr starke Doppelbrechung, etwa halb so groß wie die von Kalkspat.

Die Alkohollösung selbst, wieder eingedunstet, liefert ein ganz weiches Lanolin, das zunächst gar keine, nach Wochen schwache Doppelbrechung zeigt und das nach dem gleichen Verfahren weiter gereinigt werden kann. Verreibt man in diesem weichen Lanolin den harten ausgefällten Bestandteil, so löst er sich darin in Schüppchen auf, die beim Verreiben immer kleiner werden und man erhält das doppelbrechende Lanolin wieder. Es gelingt so leicht, stark doppelbrechende und doch noch gut streichbare Lanolinsorten herzustellen. (Die Zähigkeit und Festigkeit des normalen Lanolins scheint zum großen Teil dem eingelagerten Kristallbrei des harten Bestandteils zu entspringen, in ähnlicher Weise wie die Eigenschaften der Metalle von ihrer Mikrostruktur abhängen.)

Diese Beobachtungen lassen keinen Zweifel darüber, daß es eingelagerte Kriställchen des harten Materials sind, welche die Doppelbrechung des gestrichenen Lanolins verursachen, indem sie sich vermöge ihrer Form richten und wegen Form und anisotroper Beschaffenheit optisch wirken. Wenn man die verschiedenen Lanolinsorten im Mikroskop mit Dunkelfeldkondensoren oder mit gekreuzten Nikols und hohem Auflösungsvermögen untersucht, so hat man bei einigen Sorten den Eindruck, namentlich beim Verstreichen der Masse, Kriställchen in großer Zahl zu sehen. Die Beobachtung ist aber auch bei verdünntem Lanolin und bei sehr geringer Schichtdicke immer etwas unbefriedigend, da wegen der großen Menge und der Kleinheit der Teilchen der Dunkeleffekt verwischt wird. Bei Lanolinsorte 1 werden überhaupt keine Kriställchen erkennbar, sie scheinen also unter Umständen außerordentlich klein zu sein. Bei Materialien wie 2 und 3, bei denen man die Kriställchen bequem sieht, ist es erstaunlich, daß die einzelnen Individuen gar nicht, wie man erwartet, eine regelmäßige gleiche Form zeigen, sondern nur ein heilloses Gewirr erkennen lassen (vgl. dazu unten Nr. 6).

Trotzdem muß durch das Streichen eine ziemliche Ordnung hineingebracht werden, denn die optische Homogenität des gestrichenen Lanolins ist z. B. groß genug, um die Intensität des Tyndalleffektes gegenüber nicht regelmäßig gestrichenem Material ganz bedeutend herabzusetzen. Verstreicht man Lanolin zwischen zwei Glasplatten in einer Richtung, so verschwindet das von einfallendem Bogenlicht diffus zerstreute Licht fast vollständig. Beim Umkehren der Streichrichtung wird seine Intensität beträchtlich, um dann für eine Bewegung von Bruchteilen eines Millimeters wieder ganz klein zu werden. Das in diesem Zustand bleibend zerstreute schwache Licht zeigt in Intensität und Polarisation eine gewisse Abhängigkeit von der Beobachtungsrichtung und der Orientierung der Platte, bei den verschiedenen Lanolinsorten ganz verschieden.

4. Herschelsche Streifen einer dünnen Kristallplatte.

Die Homogenität des Materials ist auch ausreichend, um die Herschelschen Streifen einer dünnen doppelbrechenden Platte zu zeigen, die der experimentellen Schwierigkeiten wegen bei wirklichen Kristallplatten bisher nicht beobachtet sein dürften.

Ich habe dazu das Lanolin zwischen zwei Prismen von gleichem Brechungsexponenten ca. 1,57 oder zwischen Prisma und Platte verrieben. Die Firma C. Zeiß, Jena, der ich auch hier dafür meinen besten Dank sagen möchte, hat mir eine Anzahl rechtwinkliger Fernrohrprismen dazu zur Verfügung gestellt.

Es gelingt leicht, die Lanolinschicht genügend planparallel zu verreiben, wenn man zunächst auf die Newtonschen Interferenzstreifen achtet, die beim Hinsehen auf die Schicht selbst unter kleineren Winkeln als dem der Totalreflexion auftauchen, und wenn man durch geeigneten Druck beim Reiben

sie möglichst breit zu machen versucht. Bei einmal hergestellter Planparallelität kann man mit einiger Vorsicht die Deckplatte oder das Deckprisma beliebig verschieben, ohne die Planparallelität merklich zu verschlechtern oder die Schichtdicke zu ändern. Durch ein schwach vergrößerndes, auf unendlich eingestelltes Fernrohr mit Mikrometerskala, ev. mit Nikol werden dann die Streifen in *Na*-Licht beobachtet. Sie stellen sich ganz der Theorie entsprechend als zwei zueinander senkrecht polarisierte Streifensysteme dar.

Ich habe immer gefunden, daß das Streifensystem mit der Polarisationsebene senkrecht zur Einfallsebene, also das den Brechungsexponenten $n_{\perp\perp}$ und $n_{\parallel\parallel}$ entsprechende, weniger scharf ist, als das senkrecht dazu polarisierte, daß es mindestens etwas matter erscheint. Einen Grund dafür kann man vielleicht darin finden, daß in der Lanolinschicht beim Verreiben die Relativgeschwindigkeiten nach beistehender Skizze (Fig. 4) verteilt sein müssen und

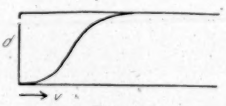


Fig. 4.

daß also in der Mittelzone schwächere Einstellung stattfinden muß. Es könnte allerdings die Unschärfe des einen Streifensystems auch mehr mit der Form und Gleichmäßigkeit der gerichteten Teilchen im Zusammenhang stehen, denn sie ist bei verschiedenen Lanolinsorten sehr verschieden.

Die Genauigkeit der bei dieser Methode erzielbaren Bestimmungen des Brechungsexponenten, namentlich in höheren Ordnungen, ist groß, man muß sorgfältig auf die durch das Reiben geänderte Temperatur achten.

Beim Verschieben der Deckplatte springen die Streifen beim Umkehren der Bewegung um gewisse Stücke vor und wieder zurück, wie bei manchen Lanolinsorten auch an der einfachen Totalreflexionsgrenze sichtbar ist. Wäre Form und Beschaffenheit der Teilchen besser bekannt, so ließe sich daraus ein gewisser Rückschluß auf die Art ihrer Umorientierung ziehen.

5. Orientierung im elektrischen Feld.

Über die Frage, ob sich eine Orientierung der im Lanolin vorhandenen Kriställchen außer durch hydrodynamische auch noch durch andere Kräfte bewerkstelligen ließe, habe ich einige Versuche gemacht. Wenn man einfach Lanolin zwischen zwei an eine Elektrisiermaschine angelegte Elektroden bringt, so läßt sich an der Doppelbrechung keine Änderung konstatieren, selbst dann nicht, wenn man die Spannung bis zum Funkenübergang steigert.

Erwärmt man aber das Lanolin zwischen den Elektroden bis zum Schmelzen und läßt es dann bei laufender Elektrisiermaschine erstarren, so zeigt das so erstarrte Lanolin starke ziemlich einheitlich orientierte Doppelbrechung. (Gegenüber gestrichenem Lanolin ist es allerdings ziemlich trübe.) Beobachtet man den Vorgang während des Erstarrens durch das Mikroskop, so sieht man in dem noch flüssigen Lanolin kleine eingelagerte Teilchen zwischen den Elektroden hin- und herschießen, wodurch Strömungen und eine hydrodynamische Richtung bewirkt werden könnten. Es scheint mir allerdings, als ob das Hin- und Herschießen dieser Teilchen schon aufhörte, bevor die Doppelbrechung auftritt; aber mit der kleinen Elektrisiermaschine, die ich zu diesen Versuchen benutzen konnte, war es nicht möglich, Kontrollexperimente oder eine elektrische Reinigung des Lanolins vorzunehmen. Ich muß also eine Entscheidung darüber, ob hier etwa eine orientierte Kristallisation im elektrischen Feld vorliegt, auf bessere Zeit verschieben. Im magnetischen Feld wäre ein Versuch viel einfacher, aber einen starken Elektromagneten habe ich derzeit auch nicht und ein Stahlmagnet zeigt keinen Effekt.

6. Farbstoffkristalle im Lanolin.

Die Bewegungen und die Einstellungen, welche im Lanolin eingelagerte Teilchen beim Streichen erfahren, lassen sich besser an künstlich eingebrachten Teilchen als an den sehr kleinen Lanolinkristallen beobachten. Als bequemstes Mittel dazu fand ich einige Farbstoffe, die zweckmäßig nicht einfach pulverisiert eingemengt werden, sondern so beigemischt werden, daß sie erst im Lanolin auskristallisieren.

Indigoschwefelsaures Natrium, in Wasser gelöst, mit Lanolin vermengt und dann erhitzt bis zum Verdampfen des Wassers, kristallisiert aus dem Lanolin in kleinen Stäbchen von ca. 1 μ Dicke und 3—7 μ Länge. Beim Streichen legt sich die größte Achse dieser Kristalle in die Streichrichtung. Die Kriställchen selbst sind dichroitisch. Infolgedessen verhält sich die so gefärbte Lanolinplatte ähnlich dem Turmalin; zwei Platten aufeinander mit den Streichrichtungen parallel sind rötlich durchsichtig, gekreuzt sind sie dunkelblau und ziemlich undurchlässig.

M. v. Seherr-Toss, Wied. Ann. **6**, 270, 1879, hatte denselben Dichroismus an verstrichenem reinem Farbstoff konstatiert. Es ist also anzunehmen, daß es sich bei seinen Versuchen auch nur um eine Richtung von Kriställchen und nicht um einen besonderen „künstlichen" Dichroismus handelte.

Löst man Cyanin nach dem gleichen Verfahren wie oben mit Alkohol unter öfterem Erhitzen in Lanolin auf, so resultiert bei geeignetem Vorgehen eine blaue Masse, die kleine Kriställchen von blättchenartiger Form enthält, 1—10 μ groß; (das ursprüngliche Cyanin selbst ist langfaserig). Zwischen Glasplatten verstrichen zeigt dieses Material unter bestimmten Winkeln eine ausgesprochene selektive grüne Reflexion, an Kristallflächen, welche etwa nach Skizze Fig. 5 schief gegen die Oberfläche orientiert sind.

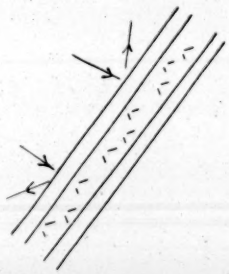


Fig. 5.

Die Kriställchen haben eine recht unregelmäßige Form und ziemlich ungleichmäßige Ausbildung, so daß man bei ihrem Betrachten unter dem Mikroskop eine regelmäßige Einstellung gar nicht erwartet. Trotzdem sind die Winkel, unter denen die selektive Reflexion stattfindet, ziemlich scharf definiert.

Es ist mir mit beschränkten Mitteln nicht gelungen, zu entscheiden, ob die Sache so steht, daß trotz des subjektiven Eindrucks von dem unregelmäßigen Habitus der Kristalle doch die Mehrzahl gleichförmig ist und sich daher gleichartig richtet, oder ob es etwa für die Einstellungen in dem fließenden Lanolin ein Gesetz gibt, daß Kristalle sich ordnen, indem ihre kristallographischen Achsen eine bestimmte Lage gegen die Streichrichtung annehmen, weitgehend unabhängig von der „Ausbildung" der Kristalle. Viele Beobachtungen an Einzelindividuen würden mich zunächst das letztere vermuten lassen.

Jedenfalls ist die Tatsache der weitgehenden Ordnung von Kristallfragmenten in gestrichenem Lanolin, das sich für einen solchen Zweck viel besser als irgendein Fett oder Harz zu eignen scheint, sicher und kann vielleicht ein Hilfsmittel für kristallographische Untersuchungen und chemische Identifizierungen abgeben. Gegenüber einer Methode zur Richtung von kleinen Teilchen, wie sie H. Diesselhorst und H. Freundlich, diese Zeitschr. **16**, 419, 1915, mit strömenden Flüssigkeiten anwandten, hat die hier beschriebene den Vorteil, dauernde und daher leichter untersuchbare Präparate zu liefern. Auch die Methoden zur Ordnung von Kristallelementen, die K. Becker, R. O. Herzog, W. Jancke und M. Polanyi in der Zeitschr. f. Physik **5**, 61, 1921 beschrieben haben, werden dadurch um eine sehr einfache und wirksame ergänzt.

Saarbrücken, 5. Oktober 1921.

(Eingegangen 5. November 1921.)

Das Zuordnungsproblem der Strahlentheorie für zwei Arten von Individuen, auf symmetrische Form gebracht. I.

Von Karl Lichtenecker.

Für die Grundlagen der Strahlungstheorie spielt das Kombinationsproblem eine Rolle; k-Kugeln auf u-Urnen in beliebiger Weise aufzuteilen. Die Zahl C dieser Möglichkeiten wird durch

$$C = \frac{(u+k-1)!}{k!\,(u-1)!} = \binom{u+k-1}{k} \qquad (A)$$

angegeben.

P. Ehrenfest und H. Kamerlingh-Onnes[1]) geben für diese Formel eine Ableitung durch ein „Verteilungssymbol". Die Ableitung soll hier in einer, wie mir scheint, besonders anschaulichen Form gegeben werden, die zu gewissen Bemerkungen und Ausblicken Anlaß gibt.

Es seien zum Beispiel $k = 10$ Elemente (Kugeln) über $u = 7$ Gebiete einer eindimensionalen Mannigfaltigkeit (Urnen) zu verteilen.

Die beigegebene Figur realisiert eine beliebig herausgegriffene Verteilungsmöglichkeit. Die u-Gebiete des Kontinuums (Urnen) stoßen offenbar an $u-1 = t$-Stellen zusammen. $u-1 = t$ bezeichnet also die Zahl der „Trennungsstellen" des eindimensionalen Kontinuums.

1) Ann. d. Phys. (4) **46**, 1021, 1915.

Oberhalb der Geraden XX' der Figur befinden sich nun, rein figürlich betrachtet, Elemente zweier Genera und zwar:

k Elemente vom Genus ○ und
t Elemente vom Genus ⌂,

insgesamt also $k+t$-Elemente, die von Haus aus $(k+t)!$ Umstellungen zulassen.

Wegen der Gleichheit der k-Elemente des ersten Genus werden je $k!$ davon einander gleich; wegen der Gleichheit der t-Elemente des zweiten Genus werden von der Zahl der auch jetzt noch verschiedenen Umstellungen wieder je $t!$ einander gleich; die Anzahl der wirklich (sichtbar) voneinander verschiedenen Umstellungen und mithin unsere gesuchte Zahl C ist somit gleich

$$C = \frac{(k+t)!}{k!\,t!} = \binom{k+t}{k}. \qquad (B)$$

Sowohl in der Form der Ableitung, als auch in der des Endergebnisses, wie es hier angeschrieben ist, tritt die vollkommene Gleichberechtigung der Größen k und t hervor:

$$\binom{k+t}{k} = \binom{k+t}{t}, \text{ d. h.:}$$

Die Anzahl von Arten, wie man k-Kugeln zwischen t-Trennungsstellen einordnen kann, ist ebenso groß wie die Anzahl Arten, wie man t-Trennungsstellen zwischen k-Kugeln einschieben kann[1])

Die in der allgemein gebräuchlichen Form (A) der Verteilungsformel auftretende Unsymmetrie zwischen den u und k dagegen bedeutet einen Schönheitsfehler, der darauf hinweist, daß das Problem von Haus aus noch nicht allgemein genug gestellt worden ist. Wir ersetzen das eingangs gestellte Problem durch das folgende:

Es sind k weiße Kugeln t schwarze Kugeln zuzuordnen oder umgekehrt, und zwar so, daß beliebig viele Kugeln der einen Art den einzelnen Kugeln der anderen Art zugeordnet werden können oder umgekehrt. Dann ist es natürlich auch möglich, daß einige der k weißen Kugeln übrig bleiben, die überhaupt keiner schwarzen Kugel zugeordnet sind, oder wie wir früher gesagt hätten, wir haben die Fälle mit zu berücksichtigen, daß eine Anzahl der Kugeln keine Urne erhält, also neben die Urnen fällt, ganz ebenso, wie der Fall zugelassen war, daß Urnen leer, also ganz ohne Kugeln ausfallen. Das kommt aber auf dasselbe hinaus, wie wenn man das Problem in der alten Fassung beibehielte, dafür aber noch eine Urne mehr einführte, wo sich die Kugeln, die neben die ursprünglich gegebenen Urnen fallen, ansammeln.

Wir können somit in symmetrischer Form aussprechen:

Die Zahl der Arten, wie man k-Kugeln u-Urnen zuordnen kann, wenn auch Kugeln neben die Urnen fallen dürfen, ist:

$$\binom{u+k}{k},$$

und diese Zahl ist ebenso groß, wie die Anzahl Zuordnungen, die man mit den Urnen an die Kugeln vornehmen kann, wenn Urnen beliebig leer, d. h. keiner Kugel zugeordnet, bleiben dürfen.

Physikalisch würde die von uns abgeänderte Definition des Verteilungsproblems für den Anhänger der selbständig auftretenden Energiequanten nur die systematische Einbeziehung des für ihn ja selbstverständlich möglichen Falles bedeuten, daß sich im Beobachtungsraume auch bei Anwesenheit von materiellen Elementen freie Energiequanten vorfinden können.

Es ist nun interessant, daß Planck[1]) gerade unsere Formel

$$\binom{u+k}{k}$$

anstatt der von ihm dortselbst mitgeteilten und später a. a. O. von Ehrenfest und Kamerlingh Onnes abgeleiteten Formel

$$\binom{u+k-1}{u-1}$$

zur Errechnung der Endformel für die Entropie gebraucht; allerdings nur als Näherung, die bloß deshalb dort zulässig ist, weil u und k als ungeheuer große Zahlen angenommen sind. In Fällen, in denen diese Annahme nicht mehr zuträfe, ist somit der Sinn der von Planck gebrauchten Näherung der, daß das Kombinationsproblem in der hier aufgestellten Fassung verwendet wird, d. h., daß auch die Zustände mitgezählt erscheinen, bei denen freie Energiemengen neben den (an ponderable Elemente) gebundenen auftreten. Umgekehrt zeigt sich, daß die Einbeziehung freier Energiequanten, in dem Maße, als die Plancksche Annäherung wegen der Größe von u und k[2]) berechtigt ist, keinen Einfluß auf die Form der Entropiegleichung liefert.

1) Man könnte auch, von diesem Satz als unmittelbar einleuchtend ausgehen, und daraus ohne weiteres rein formal auf die gesuchte Funktion als Binomialkoeffizienten schließen.

1) Planck, Wärmestrahlung, 2. Aufl., S. 145.
2) P und N bei Planck (a. a. O.).

(Eingegangen 1. Oktober 1921.)

Bemerkung zu Ludwig Geiger: „Herdbestimmung bei Erdbeben aus den Ankunftszeiten".

Von Fr. Burmeister.

Bei der Bearbeitung einiger Erdbeben wurde zur Bestimmung des Epizentrums die Methode von L. Geiger: „Herdbestimmung bei Erdbeben aus den Ankunftszeiten" (Aus den Nachrichten d. K. Gesellschaft der Wissenschaften zu Göttingen, Mathem.-phys. Klasse 1910) benutzt. Die Ergebnisse der Rechnung veranlaßten mich, die Methode einer Prüfung zu unterziehen, welche ergab, daß dem Verfasser bei der Aufstellung der Formeln ein Fehler unterlaufen ist. Mit Rücksicht darauf, daß diese Methode bei Erdbebenbearbeitungen eine vielfache Anwendung gefunden hat, dürfte eine Berichtigung zweckmäßig sein.

Die Bezeichnung der nachfolgenden Formeln ist die gleiche, wie auf den Seiten 5—7 der erwähnten Arbeit.

Addiert man zur angenommenen Herdzeit $\bar{t}_H$ die Laufzeiten $\bar{T}_n$, so erhält man die angenäherten Ankunftszeiten $\bar{t}_n$ in den N-Stationen:

$$\bar{t}_n = \bar{t}_H + \bar{T}_n. \qquad (3)$$

Die Abweichung zwischen dem beobachteten Wert der Ankunftszeit t_n^* und dem gerechneten Wert $\bar{t}_n$ ist demnach, wenn man den Fehler mit F_n bezeichnet,

$$F_n = t_n^* - \bar{t}_n. \qquad (4)$$

Richtig ist auch Formel (5):

$$F_n = \frac{\partial F_n}{\partial \bar{L}_H}\delta\bar{L}_H + \frac{\partial F_n}{\partial \bar{B}_H}\delta\bar{B}_H + \frac{\partial F_n}{\partial \bar{t}}\delta\bar{t}_H.$$

Werden jedoch nun die Gleichungen (3) und (4) verbunden, so ergibt sich:

$$F_n = t_n^* - \bar{t}_H - \bar{T}_n, \qquad (6)$$

während fälschlich $F_n = t_H + \bar{T}_H - t_n^*$ in der Arbeit angegeben ist. Infolgedessen erhalten die Gleichungen (7) auf den rechten Seiten das negative Vorzeichen, sie müssen lauten:

$$\frac{\partial F_n}{\partial \bar{L}_H} = -\frac{\partial \bar{T}_n}{\partial \bar{L}_H}; \quad \frac{\partial F_n}{\partial \bar{B}_H} = -\frac{\partial T_n}{\partial \bar{B}_H}; \quad \frac{\partial F_n}{\partial \bar{t}_H} = -1.$$

Hieraus folgt, daß die Gleichung (10) in folgender Weise berichtet werden muß:

$$-F_n = a_n\delta\bar{L}_H + b_n\delta\bar{B}_H + c_n\delta\bar{t}_H.$$

Ebeno erhalten die Formeln (18) und (19) links das negative Vorzeichen.

In den am Schlusse der Arbeit angeführten Beispielen für 5 bzw. 3 Stationen ergeben sich somit die Verbesserungen $\delta\bar{L}_H$, $\delta\bar{B}_H$ und $\delta\bar{t}_H$ mit den entgegengesetzten Vorzeichen, wodurch die Koordinaten und die Herdzeit eine beträchtliche Änderung erfahren. Die richtigen Werte sind folgende:

	Seite 15.	Seite 19.
$\delta\bar{L}_H =$	$-66',7$	$=-54',8$
$\delta\bar{B}_H =$	$-13',5$	$=+17',8$
$\delta\bar{t}_H =$	$+2^s,2$	$=+7^s,5$
$L_H =$	$74^0 53' E$	$=75^0 05' E$
$B_H =$	$31^0 46' N$	$=32^0 18' N$
$t_H =$	$0^h 49^m 44^s$	$=0^h 49^m 50^s$

München, Sternwarte.

(Eingegangen 3. November 1921.)

VORTRÄGE UND DISKUSSIONEN DES DEUTSCHEN PHYSIKERTAGES IN JENA VOM 18.—24. SEPTEMBER 1921.

A. Kalähne (Danzig), Weitere Untersuchungen über Entladungserscheinungen des leuchtenden Chininsulfates.

1. Entladungserscheinungen durch Leitendwerden des umgebenden Gases in der Nähe von chemisch reagierenden Körpern sind bisher in mehreren Fällen beobachtet worden. Genauer untersucht wurde die von Haber und Just[1]) beschriebene Erscheinung beim Abkratzen des Oxyds von Kalium- und Natriumlegierungen und der Reaktion frischer Oberflächen derselben mit gewissen Gasen, ferner die Leitfähigkeit der Luft in der Nähe von langsam oxydierendem weißen Phosphor[1]). Eine weitere interessante Erscheinung dieser Art ist Erregung von Leitfähigkeit in der Umgebung von kristallisiertem pulverförmigem Chininsulfat, das man erwärmt (auf eine Temperatur, die unter 180 C, der Zersetzungstemperatur dieses Stoffes, bleiben muß) und dann abkühlen läßt. Das weiße lockere

1) F. Haber u. G. Just, Ann. d. Phys. 30, 411, 1909; 36, 308, 1911.

1) F. Harms, Jahrb. d. Radioakt. u. Elektr. I, 291, 1904. (Bericht und Literatur.)

Pulver, das man zweckmäßig in dünner Schicht auf einem heizbaren Teller ausbreitet, leuchtet beim Erwärmen und beim Abkühlen kurze Zeit auf, und die umgebende Luft wird leitend. Die Erscheinung ist 1900 von Le Bon[1]) gefunden und 1904 von einer Amerikanerin Gates[2]) weiter untersucht worden; 1906 habe ich selbst eine ausführliche Arbeit darüber veröffentlicht[3]).

2. Diese letztgenannte Arbeit hat gezeigt, daß in Übereinstimmung mit Le Bon eine chemische Reaktion die Ursache des Leuchtens und der Leitfähigkeit ist, nämlich Abgabe des Kristallwassers beim Erhitzen und Wiederaufnahme desselben aus der Luft beim Abkühlen. Der Vorgang ist umkehrbar, läßt sich beliebig oft wiederholen und zeitlich weitgehend regeln durch Regelung der Erwärmung und Zuführung des Wasserdampfes. Man hat also den Ablauf des Vorganges ganz in der Hand, und aus diesem Grunde dürfte er zur genaueren Erforschung der durch chemische Vorgänge erzeugten Entladungserscheinungen sehr geeignet sein.

Die in erster Linie zu beantwortenden Fragen betreffen:

1. Die Natur des Elektrizitätsträgers, welche die Leitung in dem umgebenden Gase besorgen;
2. Die Entstehung derselben. Es erhebt sich die Frage:
   a) Werden sie bei der Abtrennung bzw. Wiederanlagerung der Kristallmoleküle abgespalten, sei es als freie Elektronen oder als Atomionen? Oder ist
   b) die Entstehung der Träger eine sekundäre Erscheinung, vielleicht hervorgerufen durch sehr kurzwellige ultraviolette Strahlen, die in dem vom Sulfat ausgesandten Lichte mitenthalten sein können und die nach Lenard befähigt sind, Luft zu ionisieren?

Ich sehe dabei zunächst ab von der noch weitergehenden Frage nach dem Mechanismus der Leuchterregung bei Lumineszenz überhaupt und insbesondere im Falle der Chemilumineszenz.

3. Bei der Behandlung der hier vorgelegten Fragen ergeben sich zahlreiche Unterfragen, die einzeln untersucht werden müssen. Nur ein Teil davon ist bisher in Angriff genommen worden. In der schon angeführten Arbeit von mir aus dem Jahre 1906 ist die elektrische Entladung untersucht worden, insbesondere sind die Unterschiede zwischen der Entladung bei Erhitzung und bei Abkühlung, also bei Wasserabgabe und -aufnahme behandelt worden, ferner die Unterschiede, die durch das Vorzeichen der Ladung bedingt sind. Die dort erhaltenen Werte haben jedoch zunächst nur beschränkte Geltung für die damals angewandte Apparatur; denn die Dimensionen der Apparate, Abstand der Entladungselektrode von dem Sulfat usw., spielen eine nicht zu vernachlässigende Rolle. Auf absolute Werte sind aber damals die Untersuchungen nicht ausgedehnt worden und bedürfen der Ergänzung, an der gegenwärtig gearbeitet wird.

Im vorigen Jahre habe ich ferner mit Herrn Dr. Federlin[1]) begonnen, die Leuchterscheinungen genauer zu verfolgen. Die ersten Ergebnisse haben wir kürzlich veröffentlicht. Wir untersuchten dort den Unterschied des Leuchtens bei Wasserabgabe (schwaches Leuchten) und Wasseraufnahme (starkes Leuchten) photographisch. Die unter sonst gleichen Umständen erhaltenen Schwärzungen der photographischen Platten verhielten sich wie 1 : 7 bis 1 : 10, im Mittel also etwa wie 1 : 8. Nun war auch für die entladenen Elektrizitätsmengen in der früheren Arbeit des Verfassers ein großer Unterschied gefunden worden, je nachdem man mit Erwärmung (Wasserabgabe) oder Abkühlung (Wasseraufnahme) arbeitete. Das Verhältnis hing noch vom Vorzeichen der Ladung ab und bewegte sich in den Grenzen 1 : 4 (bei positiver Ladung) bis 1 : 7 (bei negativer Ladung) der dem geerdeten Sulfat gegenüberstehenden Netzelektrode. Die Werte für den Unterschied der Leuchtstärke und der Entladungsmenge bei Wasserabgabe bzw. -aufnahme gehen also einander parallel und sind von derselben Größenordnung. Man wird geneigt sein, Proportionalität zwischen ihnen anzunehmen. Es darf diesen Werten jedoch nicht allzuviel Gewicht beigelegt werden; denn es ist zu berücksichtigen, daß sie vielleicht nur unter den gerade vorhandenen Versuchsbedingungen gelten, die bei jenen elektrischen und diesen optischen Messungen sehr annähernd gleich waren, während man vielleicht unter anderen Bedingungen ganz andere Ergebnisse erhalten würde. Es ist nämlich die Möglichkeit nicht von der Hand zu weisen, daß nur bei Wasseraufnahme Leuchten und Leitfähigkeitserregung stattfindet, und daß die gleichen beim Erwärmen, also bei Wasserabgabe, beobachteten schwächeren Erscheinungen nur scheinbar auf Wasserabgabe, in Wirklichkeit aber auch auf Wasseraufnahme beruhen, indem der von den erwärmten Sulfatteilen abgegebene Wasserdampf von anderen noch kühl ge-

1) Le Bon, Compt. rend. **130**, 891, 1900; Revue scient. (4) **13**, 451, 1900.
2) F. C. Gates, Phys. Review **18**, 135, 1904.
3) A. Kalähne, Ann. d. Phys. **18**, 450, 1905.

1) A. Kalähne u. W. Federlin, Zeitschr. f. wiss. Phot. **20**, 199, 1921.

bliebenen Teilen unter Leuchten usw., aufgenommen wird. Der Wasserdampfdruck muß ja dicht um die erhitzten Sulfatteilchen herum erheblich größer sein als der Sättigungsdruck für die kaltgebliebenen Stellen beträgt, und unter erhöhtem Druck nimmt das kaltgebliebene Sulfat eben mehr Wasser auf.

Die Entscheidung darüber, ob diese Auffassung zutrifft, habe ich auf folgende Weise herbeizuführen gesucht. Wenn das Leuchten usw. beim Erhitzen nur scheinbar auf Wasserabgabe beruht, so muß es um so schwächer auftreten, je dünner die Pulverschicht ist, denn um so gleichmäßiger wird sie erwärmt und um so weniger Gelegenheit ist vorhanden, daß kühl gebliebene Pulverteile den freigewordenen Wasserdampf unter Leuchten usw. aufnehmen. Entsprechende Versuche sind begonnen; aber aus äußeren Gründen noch nicht durchgeführt worden.

4. In der optischen Untersuchung haben wir weiter versucht, über die spektrale Zusammensetzung des ausgesandten Lichtes Aufschluß zu erhalten. Die Entscheidung darüber, ob sehr kurzwellige ultraviolette Strahlen darin enthalten sind, wird außerordentlich schwierig sein, da man wegen der erforderlichen Anwesenheit von Wasserdampf immer sehr starke Absorption dieser Strahlen zu gewärtigen hat. Doch scheint es nicht ausgeschlossen, daß der Versuch gelingen kann, wenn man auf spektrale Zerlegung verzichtet und das Sulfat unmittelbar auf einer ultraviolettdurchlässigen Flußspatplatte strahlen läßt. Daß in dem ausgesandten Licht langwellige ultraviolette Strahlen aus dem an das sichtbare Gebiet angrenzenden Bereich vorhanden sind, wurde durch Absorptionsversuche nachgewiesen (teilweises Bedecken der photographischen Platte mit Substanzen wie Glimmer und äsculingetränkte Gelatine auf Glas).

5. Neuerdings habe ich nun die elektrischen Entladungserscheinungen wieder untersucht unter mannigfacher Variation der Versuchsbedingungen. Auch diese Versuche sind noch nicht abgeschlossen; sie haben bisher die früheren Versuche qualitativ bestätigt, insbesondere die Tatsache, daß negative Ladungen der dem geerdeten Sulfat gegenüberstehenden Leiter bevorzugt entladen werden. Das läßt darauf schließen, daß überwiegend positive Träger in der Umgebung des Chininsulfates vorhanden sind. Ob sie von dem Sulfat ausgesandt oder in dem Gas erzeugt werden, bleibt noch unentschieden. Ein Versuch, der über unmittelbare Aussendung von Trägern aus dem Sulfat Aufschluß bringen sollte, hat noch kein Resultat ergeben, weil die Versuchsbedingungen nicht günstig genug waren.

Die für alle diese Versuche benutzte Anordnung war die des Zylinderkondensators an Stelle des früheren Plattenkondensators, auf dessen unterer heizbarer Platte das Sulfat lag, während die obere von einem Messingdrahtnetz gebildet war. Der Zylinderkondensator besteht aus einem auf Siegellackfüßen sehr gut isoliert aufgestellten Messingrohr von 10 cm Länge und 2,4 cm lichter Weite mit durch Bernstein isoliertem Innenleiter. Dieser ist ein in der Achse befindliches Schiffchen aus Metall (Widerstandsband) von etwa 1 mm Breite und Tiefe, das mittels isoliert eingeführter Kupferdrähte elektrisch geheizt wird. Zwischen Schiffchen und Hülle lassen sich, ebenfalls isoliert, zylindrische Netzelektroden (Gitter) anbringen. Zu den Potentialmessungen diente ein Wulffsches Zweifaden-Elektrometer, zur Ladung des Kondensators eine Zambonische Säule bzw. eine geriebene Siegellackstange.

Bei dem erwähnten Versuch mußte das Schiffchen, das mit 3 mg Chininsulfat beschickt war, mitsamt dem stromliefernden Akkumulator gut isoliert werden und sein Ladungsverlust bzw. seine Aufladung gemessen werden. Durch die Hinzunahme des Akkumulators wuchs aber die Kapazität des Schiffchens so stark, daß die anwendbare geringe Sulfatmenge keine merkliche Potentialänderung bewirken konnte, selbst wenn eine Aussendung von Trägern nur eines Vorzeichens stattfand. Der Versuch soll in besserer Anordnung wiederholt werden.

Das Überwiegen der positiven Träger zeigen besonders Versuche, bei denen die Hülle (Außenzylinder) geladen, das Schiffchen geerdet und das Gitter dazwischen isoliert war, nachdem es zu Beginn auf Erdpotential gebracht war. Nach Ausführung des Versuches (Erwärmung und Wiederabkühlung des Sulfates) zeigte sich das vorher ungeladene Gitter positiv geladen. Die Größenordnung der erzeugten Spannung war 1 Volt. Genauere Mitteilung der Beobachtungsdaten und Diskussion derselben wird später erfolgen.

Danzig-Langfuhr, Technische Hochschule. Photophysikalisches Laboratorium des Physikalischen Instituts, September 1921.

Hugo Dingler (München), Die Rolle der Konvention in der Physik.

Ich möchte versuchen, in kurzen Worten Ihre Aufmerksamkeit auf einige methodologische Gesichtspunkte zu lenken.

Der Begriff der Konvention ist in der Physik von jeher heimisch. Daß Nullpunkt und Grad-

einheit einer Skala, daß die Festlegung eines Koordinatensystems völlig unserer Wahl, der Konvention unterliegen, ist allgemein bekannt. Jedoch hat Henri Poincaré der Konvention eine viel größere Rolle in der Physik zugeschrieben[1]). Er hat in „Wissenschaft und Hypothese" (deutsch von Lindemann, 1904) zu zeigen versucht, daß die sogenannte Geometrie unseres Raumes in weitem Maße von unserer Konvention abhänge. Wenn man die Poincaréschen Darlegungen studiert, ist man immer wieder gefesselt von den tiefen Einsichten, die dieser geniale Geometer offenbart. Gleichzeitig kann man nicht umhin zu erkennen, daß seine Auffassung keine überall konsequente ist, und daß sie einige wichtigste Fragen dieses Gebietes unbehandelt läßt. Poincaré beweist seine Auffassung von der konventionellen Natur der Geometrie durch folgenden Gedankengang: Man kann Körper herstellen, realisieren, welche sich anders verhalten als euklidische starre Körper. Der Mechaniker kann Vorrichtungen konstruieren, in denen sich ein Körper wie irgendein bestimmter Nicht-Euklidischer verhält (l. c., S. 83 ff.). Wendet man auf diese Tatsache die gewöhnliche empiristische Anschauungsweise an, so müßte man sagen, daß gleichzeitig mindestens zwei verschiedene Geometrien in unserem Raume gültig sind. Es kann also, schließt Poincaré, die Geometrie nicht am Raume, sondern muß an den Körpern hängen. Damit ist tatsächlich für Poincaré die Anschauung, daß in unserem Raume eine bestimmte Geometrie herrsche, widerlegt, und die Möglichkeit gegeben, zu sagen, daß je nach Art der vorgefundenen oder gewählten Körper, jede beliebige Geometrie in unserem Raume als herrschend betrachtet werden könnte. Es fragt sich nun noch, wie Poincaré zu unserer gewöhnlichen Geometrie gelangt. Hier wird Poincaré nun schon weniger sicher und klar. Er sagt, daß wir aus Bequemlichkeit natürlich zur einfachsten Geometrie greifen werden. Daß eine Geometrie wie die euklidische (logisch) möglich sei, könne ich vor aller Erfahrung, d. h. a priori wissen, daß sie aber nützlich (d. h. eben die bequemste) sei, dies zeigt mir erst die Erfahrung („Der Wert der Wissenschaft", deutsch von Weber, 1906, S. 67). Warum erscheinen uns nun die euklidischen Bewegungen nützlicher als die nichteuklidischen? In „Der Wert der Wissenschaft", S. 46 gibt Poincaré die Antwort: „Weil gewisse wichtige natürliche Körper, die festen Körper, ungefähr solche Bewegungen erleiden." Wie aber diese wichtigen Körper als solche erkannt werden, wie sie definiert werden, dies vermag Poincaré offenbar nicht anzugeben.

Ich bin nun durch meine Studien zu Anschauungen geführt worden, welche die Rolle der Konvention in einem noch umfassenderen Lichte erscheinen lassen. Einen Anschluß solcher Überlegungen an das Ebengesagte findet man z. B. auf folgendem Wege. Poincaré sagt, daß wir zu den bequemsten, den „einfachsten" Konventionen greifen. Aber man sieht leicht, daß hier zwei prinzipiell verschiedene Auffassungen darüber möglich sind, wie dieser Begriff „einfachst" zu verstehen sei. Da dieses Problem zur Zeit in der Physik sehr aktuell ist, will ich es gleich in allgemeinster Form zu formulieren versuchen. Es ist dies auch deshalb nötig, weil das Problem nur in der allgemeinsten Form seine Bedeutung erkennen läßt.

Man kann bekanntlich ganz verschiedene Geometrien, Mechaniken und Physiken rein mathematisch aufstellen, welche dann einfach gewisse logische Hohlformen, Schemata, darstellen. Gibt man nun, wie das jetzt allgemein geschieht, zu, daß man zur Darstellung der physikalischen Wirklichkeit zu dem einfachsten Schema greifen wird, dann ergeben sich zwei Möglichkeiten, den Begriff „einfachst" aufzufassen: I. Dieses Schema wird bestimmt durch die Forderung, auf einfachste Weise die vorhandenen „Tatsachen" darzustellen. II. Dieses Schema wird bestimmt, durch die Forderung, daß seine eigenen Grundlagen nach logischen Regeln und nach rein praktischen, von jeder generellen Erfahrung unabhängigen Gesichtspunkten, die einfachst denkbaren sind.

Die Ansicht I. wollen wir als die der außenbestimmten Einfachstheit, die Ansicht II. als die der innenbestimmten Einfachstheit bezeichnen. Die erstere vertrat, wie wir sahen, Poincaré, zu der letzteren muß ich mich bekennen. Eine Entscheidung zwischen diesen Möglichkeiten, wird bei der Tragweite derselben nicht mehr auf ein bloßes Meinen, auf ein Gefühlsurteil gegründet werden können, sondern man wird hier „Beweise" verlangen müssen, natürlich in dem Sinne, wie dieses Wort in den hier begangenen Gebieten als sinnvoll genommen werden muß, d. h. es muß die Entscheidung auf lediglich objektive, klar aufzeigbare Kriterien basiert werden. Der „Beweis" nun, auf den ich meine Anschauungen gründe, knüpft an unsere obige Bemerkung an, daß Poincaré nicht anzugeben vermocht habe, wie er die von ihm herangezogenen sogenannten „festen Körper", auf deren Existenz seine ganze Überlegung beruht, kennzeichnet, definiert. Mein

1) Schon H. v. Seeliger hat sich verschiedentlich in parallel gehendem Sinne geäußert. Neuerdings hat auch A. Einstein sich Poincaréschen Anschauungen genähert. Auch H. Vaihingers „Fiktionen" berühren sich vielfach mit den Konventionen.

„Beweis" bezieht sich gerade auf diese „festen oder starren Körper" und ihre Existenz. Unserer obigen Forderung gemäß wird also die Natur meines Beweises näher zu prüfen sein. Zuvor aber noch ein paar kurze Bemerkungen.

Daß eine innenbestimmte Einfachstheit überhaupt unabhängig von Willkür bestimmt werden kann, habe ich in meinem Aufsatze „Über den Begriff der ‚Einfachstheit' in der Methodik der Physik und der exakten Wissenschaften" in der Zeitschr. f. Phys., 1920 gezeigt. Ich wäre nun der erste, einer außenbestimmten Einfachstheit zuzustimmen, wenn mir nicht meine Überlegungen zeigten, daß die Dinge nicht ganz so einfach liegen. Ich behaupte nämlich, daß bei der Anschauung der außenbestimmten Einfachstheit eine sehr wichtige Seite der Sache sozusagen unter den Tisch gefallen ist: nämlich gerade die Seite der Realität. Es zeigt sich nämlich, daß gerade die Anschauung der innenbestimmten Einfachstheit, von der eine mißverstehende Auffassung meint, daß in ihr die Realität überhaupt keinen Platz habe, dieser erst ihre gebührende Rolle zuweist, und sie erst in dem vollständigen Maße heranzieht, in dem sie herangezogen werden muß. Nun aber zur Betrachtung unseres Beweises.

Das Problem lautet: Kann die Einfachstheit der Geometrie außenbestimmt sein, kann ich etwas über die „Natur unseres Raumes" aus der Realität, dem Experimente entnehmen? Ich behaupte, daß das unmöglich ist. Welcher Art kann der Beweis hierfür sein?

Ich brauche nicht zu sagen, daß das Problem der Natur unseres Raumes identisch ist mit dem Problem des sogenannten starren Körpers. Und unsere Frage ist identisch mit der, ob über den starren Körper etwas aus dem Experimente entnommen werden kann, ob er ganz oder teilweise aus dem Experimente bestimmbar ist. Unsere Untersuchung handelt also über die Provenienz des starren Körpers.

Dieser Frage gegenüber gibt es nun zwei Einstellungen:

a) Wie wird wirklich der starre Körper in den Fabriken für Präzisionsinstrumente, wo man ihn in letzter Feinheit braucht, wie etwa bei Zeiß, bestimmt oder hergestellt? (Der praktische Gesichtspunkt.)

b) Läßt sich theoretisch die Notwendigkeit beweisen, gerade dies oder jenes praktische Verfahren hierfür anzuwenden? (Der theoretische Gesichtspunkt).

Ich behaupte demgemäß:

a) Die praktische Bestimmung der starren Körper in den Fabriken, Laboratorien usw, findet nicht auf Grund einer experimentellen Definition statt.

b) Sie kann überhaupt nicht auf diesem Wege stattfinden.

Die Beweise für diese beiden Sätze sind zu untersuchen.

Zu a) Der Beweis für die Art, in der der starre Körper in den Fabriken wirklich hergestellt wird, beruht auf einer einfachen Tatsachenfeststellung (unter Anwendung der einfachsten logischen Gesetze), die erkenntnistheoretisch auf dem Boden des sogenannten naiven Realismus stattfindet, als Feststellung eines Einzelereignisses, hic et nunc. Es handelt sich dabei darum, festzustellen, nach welchen Verfahren, nach welchen praktischen Regeln der Mechaniker verfährt, welcher den starren Körper herstellt. Es ist dabei gar nicht nötig, daß der Mechaniker sich dieser Regeln in expliziter Weise bewußt ist. Schon aus der Tatsache des vollkommen eindeutigen Resultates, das bei allen diesen Verfahren in den Präzisionswerkzeugfabriken zutage kommt, zeigt sich, daß eine solche Regel bestehen muß, auch wenn sie keineswegs bewußt ist. In meinem Aufsatze über den starren Körper in dieser Zeitschrift 1920, habe ich das Verfahren, von dem ich behaupte, daß es zur Bestimmung des starren Körpers angewendet werde, folgendermaßen etwa formuliert: Der starre Körper kommt in den Präzisionsfabriken durch Exhaustion der euklidischen Geometrie zustande, indem von zwei Körpern derjenige als der starrere oder bessere starre Körper betrachtet wird, welcher den Gesetzen der euklidischen Geometrie genauer gehorcht. Die Fortschritte, welche in der Genauigkeit der hergestellten starren Körper erzielt werden, beruhen darauf, daß immer feinere Beobachtungsmethoden ausgearbeitet werden, welche die Übereinstimmung des untersuchten Körpers mit den euklidischen Gesetzen immer schärfer festzustellen gestattep. Hat man das wirkliche Bestehen dieses Verfahrens als praktische Tatsache festgestellt, dann kann man aus dieser weitere Konsequenzen ziehen. In der Praxis kann nun auch der Fall eintreten, daß der Mechaniker stellenweise irgendeinen natürlichen Vorgang, von dem er Grund hat anzunehmen, daß er weitgehend die Verhältnisse der euklidischen Geometrie realisiert, zur Herstellung des starren Körpers verwendet. Dies ist ja z. B. zur Zeit der Fall bei der Verwendung des Lichtes zur Prüfung der Maßstäbe. Ein solcher Vorgang ist aber stets schon ausgewählt unter der Leitung der euklidischen Geometrie (denn sonst wäre nicht abzusehen, wie man gerade auf ihn verfallen wäre), und das Verfahren erfolgt stets unter dem stillschweigenden Vor-

behalt, daß bei der ersten Abweichung, die der Vorgang von der euklidischen Geometrie zeigt, er als Herstellungsmittel für den starren Körper verlassen wird. Im Prinzip stellt also das Verfahren eine vorläufige Extrapolation dar, die gegebenenfalles sehr lange vorhalten kann. Irgendwann aber wird immer einmal die Zeit kommen müssen, wo der Vorgang wieder Abweichungen von der euklidischen Geometrie zeigt, und verlassen werden muß als Kriterium des starren Körpers.

Zu b) Etwas anderes als die vorstehend behandelte rein praktische Feststellung, ist die allgemeine Behauptung, der Mechaniker könne überhaupt gar nicht anders handeln. Dieser Satz führt zum Verlangen eines „allgemeinen Beweises".

Dieser Beweis muß sich prinzipiell mit der Art beschäftigen, wie der starre Körper bestimmt werden kann. Er muß also, von der Annahme ausgehend, daß ich noch gar nichts über den starren Körper weiß, untersuchen, wie ich zu dem Wissen gelangen kann, daß von zwei vorhandenen Körpern der eine ein genauerer starrer Körper ist, als der andere. Dieser ganze Beweis ist nun ein sehr einfacher. Kenne ich nämlich die Kennzeichen, Definition des starren Körpers nicht, so kann ich ihn auch nicht suchen und finden. (Ebenso: Aus einer Sammlung von unbezeichneten deutschen Tagschmetterlingen kann niemand etwa die Vanessa levana heraussuchen, der deren Definition nicht kennt.) Weiter folgt: Da nun die logische Definition des starren Körpers der Bestimmung der Geometrie unseres Raumes gleichwertig ist (denn, ist die Geometrie unseres Raumes gegeben, so ist der starre Körper gegeben und umgekehrt), so können wir sagen: Kenne ich die Geometrie nicht, so kann ich den starren Körper nicht suchen und nicht finden. Soll ich aber ein Ding suchen, so kann ich das nur, indem ich seine Definition als Kriterium des Erkennens anwende. So kann der starre Körper nur gesucht werden, indem ich die Geometrie als Kriterium des Erkennens anwende. (Da die Geometrie aber selbst nur durch starre Körper empirisch festgestellt werden könnte, so ist eine empirische Feststellung der Geometrie nicht möglich).

Damit ist aber der theoretische Beweis schon erschöpft. Es bedarf nun nur noch im gegebenen Falle, wenn jemand auftreten sollte und behaupten würde, ein anderes Verfahren zur Bestimmung des starren Körpers zu haben, jedesmal des besonderen Nachweises im einzelnen, daß in dem betreffenden Verfahren irgendwo und irgendwie unbewußt eine Definition bereits enthalten ist. Die häufigste Behauptung, ein anderes Verfahren zu haben, besteht in der Angabe, daß der starre Körper auf empirischem, experimentellem Wege gefunden werden könne. In diesem besonders wichtigen Einzelfalle zeigt man unschwer, wie ich das verschiedentlich durchgeführt habe, daß auch hier immer schon unbewußt eine Definition zugrunde liegen muß, wenn so etwas möglich sein soll. Man sieht leicht, um das Nötige nur kurz anzudeuten, daß, um einen Körper durch das Experiment, die Messung, als starr zu erkennen, ich immer bereits mich eines mindestens ebenso genau starren Körpers bedienen muß, als die zu findende Starrheit des untersuchten Körpers betragen soll. Also kann ich ihn auf diesem Wege nicht selbst finden. Da nun also das Experiment keinerlei Einfluß auf den starren Körper haben kann, so steht es mir frei, seine Definition selbst zu bestimmen[1]). Es ist selbstverständlich, da ich durch keinerlei andere Rücksichten gebunden bin, daß ich zu der logisch einfachsten Wahl greifen werde. Dies aber führt mich darauf, mich der euklidischen Geometrie zur Definition zu bedienen.

Mit dem Vorstehenden ist nun aber auch bereits die Antwort auf die Frage nach der Möglichkeit einer außenbestimmten Einfachstheit gegeben. Dies sei nun noch etwas ausgeführt.

Die Forderung der außenbestimmten Einfachstheit macht stillschweigend und unbewußt eine sehr einschneidende Voraussetzung. Sollen nämlich die experimentell gefundenen Tatsachen etwa die Geometrie bestimmen, indem diejenige Geometrie gesucht wird, welche eben diese „Tatsachen" am einfachsten darstellt, dann setzt das voraus, daß es solche, von uns ganz unabhängige Tatsachen überhaupt gebe, es müssen diese Tatsachen in irgendeiner zahlenmäßigen, von uns unabhängigen Form eindeutig festgelegt vorliegen, ganz objektiv sein. Dies aber, behaupte ich, ist nicht möglich, denn, wie man bei näherem Zusehen sieht, hängt jede dieser „Tatsachen" selbst schon wieder in ihrer Formulierung vom starren Körper und damit auch von unserer Wahl ab (siehe mein Buch „Physik und Hypothese", Berlin und Leipzig 1921), und mit dieser Voraussetzung fällt die außenbestimmte Einfachstheit selbst. Natürlich meine ich nicht,

1) Natürlich sind die Menschen ursprünglich sicherlich zum Teil durch gewisse natürliche Umstände unserer Umgebung zur Wahl des starren Körpers bestimmt worden. Es handelt sich uns aber hier nicht um historische Tatsachen sondern um die prinzipielle Frage, woher der starre Körper und die Geometrie ihre Geltung bezieht. F. Poske hat seinerzeit beim Trägheitsprinzip etwa den Ausdruck gewählt: „Der Mensch hat es der Natur entnommen, um es ihr vorzuschreiben". (Vierteljahrsschr. wiss. Philos. VIII, 1884.) Vielleicht ist diese Fassung manchem Leser leichter akzeptabel.

daß nun das wirkliche Geschehen von meinen Festsetzungen abhängig sei. Nein, das *Hg* z. B. fällt bei einem Experiment im Thermometer, ob ich es will oder nicht. Aber, sowie ich nun das Experiment in Begriffe fasse, sobald ich es in Zahlen festlegen will, ihm eine gewisse Bedeutung im Gesamtbau meiner Physik zuschreiben, es als in Beziehung zu anderen Experimenten stehend auffassen will, in diesem Momente liegt die Sache ganz anders. Ich kann wohl aus dem gesehenen Vorgang, der phänomenologisch ja ganz objektiv ist, entnehmen, daß das, was ich die Thermometersäule nenne, steigt oder fällt. Um aber sagen zu können, daß dies Steigen eine Gradzunahme um die abgelesene Zahl in dem gewöhnlichen Sinne anzeigt, dazu bedarf ich etwas, daß ich nicht sehen kann, sondern „wissen" muß, nämlich, daß mein Thermometer wirklich ein so und so genaues Thermometer ist, mit den und den Konstanten, Abweichungen usw. Dazu aber muß ich die „Vorgeschichte" des Thermometers kennen, bzw. ich muß eventuell das Thermometer selbst prüfen an sonst bestehenden Vergleichsinstrumenten und damit am starren Körper. Ebenso, wenn ich einen etwa mechanischen oder optischen Vorgang messend verfolge, dann kann meine unmittelbare phänomenologische Beobachtung zwar (um mich eines jetzt oft benutzten Ausdrucks zu bedienen) die „Koinzidenzen" des Vorgangs mit gewissen Skalenstrichen meines Maßstabes feststellen. Aber sonst nichts. Dies aber genügt nicht. Das jetzt so viel benutzte Axiom, daß der Physiker nur Koinzidenzen feststellen könne[1]), ist zwar für die messende Physik rein wörtlich genommen richtig, führt aber, wenn es zur Grundlegung einer physikalischen Methodenlehre verwendet werden soll, aus folgendem Grunde fast mit Notwendigkeit zu Unrichtigkeiten: In der Weise, wie der Satz in dieser Methodenlehre verwendet wird, enthält er die stillschweigende und unbewußte Voraussetzung, daß die Koinzidenzen an in der Realität irgendwie fest gegebenen Dingen, die in keiner Weise unserer Wahl unterliegen, festgestellt werden. Damit ist aber gerade das *Wesentliche*, um das es sich hier handelt, schon *vorausgesetzt*. Denn ich behaupte und beweise ja eben, daß die notwendige Grundlage jeder Messung, der starre Körper, lediglich aus unserer Wahl hervorgeht. Betrachtungen also über die physikalische Methode, welche lediglich von Koinzidenzen sprechen, ohne die Provenienz der messenden Körper in Betracht zu ziehen (wie dies bisher tatsächlich der Brauch war), müssen (wenn es sich um die ersten Grundlagen der Physik: Geometrie, Mechanik usw. handelt, ist dies besonders folgenreich) notwendig fast völlig in der Luft schweben, da sie fast nur die rein zahlenmäßigen Resultate der Experimente in Betracht ziehen, während die hinter den Experimenten stehenden Realitäten zwar vermeintlich nicht, aber in voller Wirklichkeit herangezogen werden. Nur dieses Verfahren führt aber erst wirklich in die Tiefen der physikalischen Forschungsmethode.

Es ist hier vielleicht der Ort, um anzugeben, warum Darlegungen wie die obigen, so leicht einem vollkommenen Mißverständnis zu unterliegen scheinen, welches geeignet ist, den geistigen Zugang zu diesen Überlegungen völlig zu sperren. Wenn ich von „starren Körpern" rede, so denkt der Physiker und erst recht der Mathematiker vielfach zunächst an ein System von Transformationen und Invarianten, oder, wenn er anschaulich vorstellen will, an ein Etwas, das man die „platonische Idee" des starren Körpers nennen könnte. Das, worauf es hier ankommt, ist dagegen etwas völlig anderes: es sind nämlich die konkreten, praktischen, real greifbaren Meßapparate und Gegenstände, und deren Herkunft wird untersucht. Vielfach hört man auch die Ansicht, daß der starre Körper eine „Annahme" sei, aber platonische Ideen und Annahmen kann man nicht verkaufen. Bei Zeiß aber werden starre Körper letzter Genauigkeit direkt verkauft.

Die oben genannten experimentellen Tatsachen sind also nicht irgendwelche unbeeinflußte Naturvorgänge, sondern sind schon durch die dabei verwendeten Meßinstrumente mit der bisherigen Wahl der euklidischen Geometrie im Empirischen behaftet. Natürlich erhalte ich bei den Messungen zunächst einfach gewisse Zahlen, und kann diese, wenn ich sie ganz von ihrer Provenienz loslöse, in oder durch sehr verschiedene Systeme von Differentialgleichungen darstellen, darunter natürlich auch solche, die z. B. auf der Voraussetzung einer nichteuklidischen Geometrie aufgestellt sind. Diese Zahlen müssen aber im eigentlichen Sinne ganz sinnlos bleiben, solange sie nicht betrachtet werden in Verbindung mit der Art, in der sie gewonnen sind; und die auf ihnen aufgebauten mathematischen Erklärungssysteme schweben in diesem Sinne völlig in der Luft, solange nicht die andere, nämlich die empirische Seite der physikalischen Forschung im obigen Sinne ihre Berücksichtigung findet. Solche „Tatsachen", wie sie die außenbestimmte Einfachstheit voraussetzt, sind nicht etwa rein phänomenologische, noch unausgesprochene Vorgänge, sondern notwendig bereits begrifflich gefaßte, oder in Zahlen abgelesene Vorgänge. Solche Fassungen sind aber sinnlos ohne die

1) Der Satz spielt in den Grundlagen der Relativitätstheorie eine ausschlaggebende Rolle.

Vorgeschichte der in dem Vorgang verwendeten Gegenstände, und diese ist, wie wir sahen, notwendig die Geschichte einer fortgesetzten Wahl. Man kann also nicht ohne weiteres von bestehenden, von uns unabhängigen „Tatsachen" reden. Damit aber fällt die notwendige Voraussetzung der außenbestimmten Einfachstheit, und damit diese selbst. Ich darf vielleicht die Gelegenheit ergreifen, das Verhältnis der innenbestimmten und der außenbestimmten Einfachstheit, wie es sich mir nach den vorstehenden Überlegungen darstellt, an einem anschaulichen Bilde zu illustrieren zu versuchen. Ich vergleiche die Realität mit einer ungeheuer großen Schüssel voll einer gelierten Masse. Die Generationen der Menschheit schöpfen nun mit einem Löffel von ganz bestimmter Form von diesem Gelee. Auf diese Weise findet jede folgende Generation eine im Laufe der Zeit immer komplizierter werdende Oberfläche des Gelees vor, die in ihren einzelnen Formen natürlich sozusagen eine Funktion der Gestalt des Löffels ist. Es ist die Aufgabe jeder Generation, die jeweilige Gestalt der Oberfläche zu „erklären in ihrer Entstehung". Die Geleemasse bedeutet in diesem Bilde die an sich ungeformte Realität. Der Löffel bedeutet die euklidische Geometrie. Wie ich im Vorstehenden zeigte, sind die von uns in Gestalt der Apparate und Meßinstrumente herausgearbeiteten „Oberflächenformen" durch den „Löffel" der euklidischen Geometrie geformt. Nun stellt sich der Versuch, eine experimentell gefundene Erscheinung der Realität durch eine nichteuklidische Geometrie zu erklären, in unserem Bilde so dar, daß jemand eine Stelle unserer Geleeoberfläche, weil er sie nicht sofort in ihrer Entstehung aus unserem Löffel erklären kann, so erklärt, daß sie durch Anwendung eines anderen Löffels entstanden sei. Noch schlagender wird aber der Widersinn, wenn wir bedenken, daß doch die Wahl einer Geometrie für die ganze Realität bindend ist. Es würde dann jemand, weil er eine oder mehrere einzelne Stellen der Oberfläche nicht sofort durch den ersten Löffel erklären kann, und vielleicht sogar es momentan scheinen möchte, als ob diese wenigen Stellen durch einen anderen Löffel „einfacher" zu erklären seien, nun die ganze Oberfläche durch den anderen Löffel erklären, trotzdem er außerdem weiß, daß sie nicht aus einem anderen, sondern in der Tat durch den ersten Löffel entstanden ist. Auf die treffende und anschauliche Analogie des Löffelschöpfens zur „Exhaustion" möchte ich nur noch kurz hinweisen. Man kann das Bild noch erweitern durch die Annahme, daß der erste Löffel in sich von „einfachster Gestalt" ist.

Um nun den experimentellen Physiker nicht ein unrichtiges und vielleicht abschreckendes Bild von unseren Überlegungen gewinnen zu lassen, mag es gut sein, folgendes hinzuzufügen. Die experimentelle Arbeit des Physikers bleibt durch unsere Bemerkungen völlig unberührt, solange er nämlich mit den traditionellen experimentellen Mitteln, wie dies ja auch üblich ist, weiter arbeitet. Trotzdem nämlich das eigentliche praktische Verfahren der Bildung der empirischen Grundlagen unserer messenden Physik nicht explizit bekannt war bisher, ist es doch in der manuellen Praxis der Präzisionsfabriken für Werkzeuge und Apparate derart fest verankert, daß die praktische Kontinuität hinreichend gewährleistet ist. Daraus zeigt sich, daß die experimentelle Physik von unseren Bemerkungen praktisch völlig unberührt bleibt. Genau das gleiche gilt auch für die Bildung von physikalischen Theorien innerhalb eines Teilgebietes der Physik, solange diese sich eben auf dem Boden der euklidischen Geometrie bewegt. Anders wird jedoch die Sachlage, wenn Theorien aufgestellt werden sollten, welche eine Änderung der „Messungsbasis" einschließen, also zu einer anderen als der euklidischen Geometrie greifen. Für solche Fälle müßten wohl die vorstehenden Bemerkungen als einschlägig betrachtet werden[1]).

Diskussion.

Reichenbach: Wenn man den starren Körper durch die euklidische Geometrie definiert, ist die Aussage, daß die Welt euklidisch sei, trivial. Aber man kann den starren Körper auch anders definieren, nämlich als abgeschlossenes System; dann ist es eine empirische Frage, ob die Welt der starren Körper euklidisch ist. Die starren Körper der Feinmechanik können sehr wohl, wenn sie in Gravitationsfeldern bewegt werden, ein nichteuklidisches System ergeben. Poincaré vertritt diesen Standpunkt, nicht Dinglers. Auch von einer Annäherung Einsteins an Dinglers Standpunkt kann nicht gesprochen werden.

Dingler: Wenn Herr Reichenbach davon spricht, daß man Körper bewege „ohne irgendwelche Einflüsse", so frage ich ihn, wie er diese „Einflüsse" definiert?

1) Dies auch in Bezug auf den Umstand, daß die Relativitätstheorie eine nicht-euklidische Struktur des Raumes in Betracht zieht, deren nähere Natur durch das Experiment festzustellen wäre. Man vergleiche hierzu unsere obigen Resultate. — Über die andere Stelle der Gesamtphysik, wo die Konvention ebenfalls eine Rolle spielt, siehe meine Schrift „Physik und Hypothese", Berlin u. Leipzig 1921, sowie meinen Aufsatz in dieser Zeitschr. **22**, 312, 1921, ebenso die in einiger Zeit erscheinende 2. Auflage meiner „Grundlagen der Physik". Leider kann ich hier nicht mehr auf diesen Punkt eingehen.

Reichenbach: Man kann das abgeschlossene System ohne jede Beziehung auf eine Metrik definieren. Eine genauere Begründung werde ich demnächst an anderer Stelle geben.

Dingler: Man kann auf alle möglichen Arten Geometrien definieren. Sie müssen aber durch uns definiert werden, wie oben gezeigt, können niemals durch die Natur definiert sein. Zwischen diesen definierbaren Geometrien muß dann entschieden werden. Hierbei hat man aber bisher nicht genügend die Realität beachtet, wie sie in den physikalischen Apparaten vorliegt. Beachtet man sie, dann erkennt man, daß es eine völlige Selbsttäuschung ist, wenn man glaubt, durch eine Änderung der Geometrie, die man, wie gezeigt, selbst erst freiwillig eingeführt hat, etwas auf die Dauer Besseres zu erreichen. Wenn Herr Reichenbach meint, es sei ein völlig bestimmtes physikalisches Problem, welche geometrische Gestalt ein unbeeinflußter Körper bei seiner Bewegung im Raume annimmt, so frage ich ihn, wie er definiert oder festlegt, wann ein Körper unbeeinflußt ist?

L. Zehnder (Basel), Folgerungen aus der Kugelform der einfachsten Atome (mit Modellen).

Die Proutsche Hypothese, alle chemischen Atome seien aus dem Wasserstoffatom als Uratom aufgebaut, wird immer wahrscheinlicher, durch die nicht strenge Gültigkeit aller den Atomgewichtsbestimmungen zugrunde liegenden Gesetze, durch den radioaktiven Nachweis von verschiedenen untrennbaren Isotopen in chemischen Elementen, durch die neuesten Astonschen Messungen von fast ausnahmsweise ganzen Zahlen der Atomgewichte, durch die Rutherfordschen Versuche der Zerlegung des N-Atoms in He- und H-Atome. Dann aber gibt es für alle Körperatomkerne nur eine einzige einheitliche Ursubstanz, die Substanz des Wasserstoffatomkerns.

Aber noch eine zweite Ursubstanz muß vorhanden sein, der Äther, als Träger der interferenzfähigen elektrischen, magnetischen, optischen Wellen im Vakuum (ich zitiere Maxwell), als wahrscheinliche Elektronensubstanz, als Trennsubstanz der chemischen Atome. Nach dem Naturprinzip der Existenz des Einfachsten ist die Hypothese zulässig, der Äther sei eine Substanz wie alle bekannten Substanzen, nur viel feiner; er bestehe gleichfalls aus Atomen, die schwer sind (vgl. Lenards und Wieners Ätherhypothesen). Der Äther ist mit der Aberration vereinbar[1]); auch sind in flüssigem und in gasförmigem Äther bei genügend hohen Schwingungszahlen Lichtwellen als Transversalwellen möglich und wahrscheinlich (man erinnere sich der Propellerwirkungen und vergleiche Reigers scherende Kräfte in Flüssigkeiten und Gasen[2])). Die letzten Einwände gegen das Dasein des Äthers fallen also dahin.

Die Ätheratome müssen vollkommen elastisch sein, sonst könnten nicht Lichtwellen von fernsten Sternen 10 000 Jahre lang forteilen, bis sie uns erreichen. Daraus schließe ich, daß die Uratome gleichfalls vollkommen elastisch sind, wofür ja auch die Zunahme der Volumelastizität von der gasförmigen zur flüssigen und zur festen Substanz spricht. In beiden Ursubstanzen, der Ätheratomsubstanz und der Uratomsubstanz, existiert also die Elastizität als abstoßende Nahekraft.

Sodann existiert die Gravitation, die alle Massen zu konzentrieren sucht. Wenn das Weltall nicht unendlich viel Massen enthält, was weder wahrscheinlich noch einfach wäre, so muß die Gravitation eine unvermittelt wirkende Fernkraft sein. Sonst wären seit unendlichen Zeiten längst alle Atome des Weltalls in die Unendlichkeit abgeströmt, statt sich zu konzentrieren.

Die Welt kann also nur aus zwei Ursubstanzen bestehen, der schwereren Uratomsubstanz und der leichteren Ätheratomsubstanz, und nur zwei Urkräfte scheinen gegeneinander zu wirken: die Elastizität als abstoßende Nahekraft und die Gravitation als unvermittelt wirkende anziehende Fernkraft, die unser Weltall zusammenhält. Alle anderen Kräfte müssen sich auf diese beiden Kräfte reduzieren lassen.

Die Ätheratome durchdringen alle, auch unsere dichtesten Körper, anscheinend widerstandslos. Sie müssen also äußerst klein sein, linear sicher 100- oder 1000 mal kleiner als die H-Atomkerne. Dann sind ihre Massen wohl mindestens $100^3 = $ millionenmal kleiner als die der H-Atome. Weil die aus größten Entfernungen von der Sonne herbeigezogenen Körper, auch die Atome, „Einlaufgeschwindigkeiten“ von etwa 600 km/sec bekommen (im Sonnenzentrum noch mehr), so müssen nach Maßgabe des Äquipartitionsgesetzes (man denke an die „Brownsche Molekularbewegung“) die Ätheratome im gasförmigen Äther Eigengeschwindigkeiten von der Größenordnung der Lichtgeschwindigkeit besitzen. Wenn man, wie Zehnder, die Elektrizität als die „Wärme des Äthers“, das Licht als den Schall des Äthers

1) L. Zehnder, Astron. Nachr. 5084, 377, 1921.
2) R. Reiger, Ann. d. Phys. 31, 51, 1910; 34, 258, 1911.

auffaßt, so berechnen sich für unsere Weltregionen nach der kinetischen Gastheorie die Ätheratom-Eigengeschwindigkeiten im gasförmigen Äther zu rund 400000 km/sec. Daraus entsteht ein sehr beträchtlicher Ätherdruck, der sich uns als Kohäsion zu erkennen gibt — für Stahl z. B. 17000 kg/cm² (17000 Atm.) —, bzw. als Adhäsion, und als eine gewisse Komponente der Affinität. Einen gewaltigen Energiegehalt des Äthers hat auch schon Nernst angenommen.

Die homogene Kugel ist der einfachste Körper der Welt. Die Uratome und die Ätheratome seien also — nach dem genannten Naturprinzip der Existenz des Einfachsten — vollkommen elastische Kugeln. Was folgt daraus? Den Gesetzen des elastischen Stoßes zufolge verharren die mit Lichtgeschwindigkeiten hin und her zuckenden Ätheratome des gasförmigen Äthers kurze Zeit an der Oberfläche des getroffenen Uratoms, fliegen dann wieder weg. Bei einer gewissen genügend großen Ätherdichte wird nun das noch an der Uratomoberfläche verharrende erste Ätheratom, bevor es sich wieder entfernen kann, schon von einem zweiten heranstürmenden Ätheratom getroffen, dieses von einem dritten usf.; ringsum geschieht dasselbe. Daher entsteht eine gleichsam verflüssigte Ätherhülle um das Uratom, die fest mit ihm verwachsen erscheint. Aus dem Uratom wird ein *H*-Atom. In dynamischem Gleichgewicht mit dem Äther des Außenraums wird an seiner Ätherhüllenoberfläche dauernd neuer Äther kondensiert und ebensoviel Äther verdampft von der Ätherhülle in den Außenraum (analog entstehen Gashäute, Wasserhäute um die Körper). Die große Beweglichkeit dieser Ätherhülle täuscht uns die von Rutherford berechnete Kleinheit der Atomkerne vor.

Stoßen nun *H*-Atome in thermischer, elektrischer oder chemischer Erregung heftig genug zusammen, so entstehen auf ihren Oberflächen Deformationen, Wellen, Schwingungen, in den Kernen und in den Ätherhüllen. Weil aber die Ätherhüllen mit beträchtlichem Ätherdruck (17000 Atm.) auf die Uratome gepreßt werden, sind die Schwingungen in der Uratomoberfläche und in der Ätherhülle fest miteinander gekoppelt. Es entstehen also an der Berührungsfläche des Uratoms mit der Ätherhülle nach E. Rieckes Gleichungen für zwei parallele gekoppelte Schwingungskreise[1]) die Spektrallinien der Balmerserie. Maßgebend für diese Schwingungen ist die Schallgeschwindigkeit in der Uratomsubstanz, der die größte bekannte Schallgeschwindigkeit in wägbaren Körpern (etwa 5000 m/sec) nahe kommen wird. Das Bohrsche Atommodell gibt uns ein Bild für diese tatsächlichen Schwingungen im *H*-Atom, und die besonders von Planck betonten Seltsamkeiten des Bohrschen Atommodells verschwinden bei dieser Auffassung: a) ohne äußere Anstöße kreisen keine Wellen, das Atom strahlt nicht; b) bei Störungen, z. B. neuen Anstößen, springt die vorhandene Schwingungsbewegung urplötzlich in eine andere mögliche Schwingungsbewegung über, ähnlich wie bei Grund- und Obertönen; c) homogenes Licht muß ausgestrahlt werden; d) es fällt das Nichtübereinstimmen der Elektronen-Umlaufperioden mit den ausgestrahlten Lichtwellen des Bohrschen Atommodells dahin.

Wie diese gekoppelten Schwingungen an der inneren Ätherhüllengrenzfläche und der Uratomoberfläche, so entstehen bei genügend kurzen heftigen Anstößen analoge gekoppelte Schwingungen an der äußeren Ätherhüllenoberfläche und im unmittelbar angrenzenden freien Äther. Maßgebend für diese ist als Fortpflanzungsgeschwindigkeit die Lichtgeschwindigkeit im freien Äther. Daher werden diese Schwingungen weit schneller (Lichtgeschwindigkeit/Schallgeschwindigkeit = 300 Millionen/5000 = 60000 mal schneller) verlaufen, als die Lichtschwingungen, wir gelangen in den Bereich der Röntgenstrahlen.

In Welträumen geringster Ätherdichte bewegen sich die Uratome nach der kinetischen Gastheorie, sie stoßen zusammen, rotieren, erhalten Eigenschwingungen. Durch Aneinanderlagerungen entstehen Aggregate derselben. Aber diese Aggregate müssen den Gesetzen einer dreifachen dynamischen Stabilität genügen: sie müssen stoßstabil, rotationsstabil, schwingungsstabil sein. Aggregate aus 2 oder 3 Uratomen sind wenig stabil. Aber sehr stabil ist ein aus 4 Uratomen gebildetes Tetraeder (Modell). Daher folgt in der Reihe der chemischen Atome auf das *H*-Atom vom Atomgewicht 1 ganz selbstverständlich sogleich das *He*-Atom vom Atomgewicht 4, das in Äther von genügender Dichte aus dem *He*-Tetraeder hervorgeht.

Sehr viele Atomgewichte sind Vielfache des *He*-Atomgewichts; andere schreiten mit Viererdifferenzen von Element zu Element fort; die α-Strahlen sind direkt *He*-Atome. *He*-Atomkerne sind daher offenbar Bausteine sehr vieler chemischer Atome. In Weltregionen vorgebildeter, in Massen vorhandener *He*-Tetraeder werden sich diese aneinanderlegen. Lagern wir also *He*-Tetraeder aneinander! Dabei zeigt sich, daß die stabilste Zusammenlagerung von 3 *He*-Tetraedern ein traubenförmiges Aggregat ist, das — abgesehen von den einzelnen Kugelwölbungen — einem 4seitigen Prisma mit

1) E. Riecke, diese Zeitschr. 1, 10, 1899; Ann. d. Phys. 1, 399, 1900.

ca. 60° und 120° Kantenwinkeln nahe kommt, mit entgegengesetzt abgeschrägten Endflächen (Modell). Dies Aggregat muß als Kern des 4wertigen Kohlenstoffatoms C vom Atomgewicht 12 aufgefaßt werden. Aus dieser merkwürdigen Form folgt ganz automatisch die bekannte Dreiteilung der organischen Chemie in Fettkörper, aromatische Körper und Kohlehydrate. Lagern sich die C-Atome gleichorientiert, „kristallinisch" aneinander, so entstehen Fettkörper (C_nH_{2n+2}-Modell); bei der allerstabilsten Anlagerung an ihren größten (oder ausnahmsweise kleinsten) Seitenflächen entstehen wegen der 60° Kantenwinkel aus 6 C die fast nicht zu sprengenden Benzolkerne C_6 (oder Naphthalinkerne C_{10}), also aromatische Körper (C_6H_6 [Modell], bzw. $C_{10}H_8$). Wegen der Kugelwölbungen ihrer Uratome legen sich aber benachbarte C-Atome stets um etwa einen Kugelradius verschoben am stabilsten aneinander, trotz der ausgleichenden Wirkungen der Ätherhüllen. In Lebewesen mit ihrem orientierten Wachstum werden deshalb die bei der Assimilation neu sich anlagernden C-Atome mit Vorliebe in bestimmter gleicher Richtung verschoben und statt des Benzolkerns entsteht ein spiraliger Kern C_6 und durch H_2O-Gruppen-Einlagerung erzeugen die so sehr wasserreichen Lebewesen daraus die optisch aktiven Kohlehydrate ($C_6H_{10}O_5$, Dextrin, Modell).

Ein 4., dem C-Atomkern möglichst stabil angelagertes He-Tetraeder führt zu einem Tetraederstumpf (Modell), der vielleicht dem O-Atomkern entspricht (H_2O, Modell); ein 5. diesem Stumpf aufs stabilste angelagertes Tetraeder läßt mit 20 Uratomen das größere Tetraeder entstehen (Modell), das dem He-Tetraeder geometrisch ähnlich ist; es wird also der Kern des Ne-Atoms sein. In der Tat haben ja die beiden Edelgase He und Ne so sehr ähnliche Eigenschaften.

Bei einem Atomkern, der zu beiden Seiten einer Mittelebene unsymmetrisch, polar ist, verhalten sich beide Seiten in den sie umgebenden hin und her zuckenden Ätheratomen elektrisch verschieden; daher ist dieser Atomkern elektrisch polar, es entstehen elektrische Affinitätskomponenten des betreffenden Atoms. Durch die Eigenschwingungen der Atombestandteile entstehen optische Affinitätskomponenten des Atoms.

Verhält sich ein Atomkern bezüglich einer seiner Achsen derart unsymmetrisch, wie etwa eine Kreissäge oder wie ein Anemometer, so wird dadurch die Entstehung eines um den Kern kreisenden Ätherstroms, eines Ampèreschen Molekularstroms begünstigt, es entstehen Kreiseleigenschaften. Das bezügliche Atom ist magnetisch, wie etwa das Fe-Atom, das aus einem CAtomkern und 2 Doppel-He-Tetraedern (Modell), die so gebildete Form zweimal aufeinandergestellt (Modell), entstehen könnte.

Überaus merkwürdig erscheinen die Folgerungen aus der Annahme kugelförmiger Uratome: a) das dem H-Atom im Atomgewicht zunächst folgende He-Atom muß gerade das Atomgewicht 4 haben; b) drei aufs stabilste aneinander gelagerte He-Tetraeder müssen zu einem 4seitig prismatischen Kohlenstoffatom C führen; c) aus solchen C-Atomen müssen sich ganz von selbst, automatisch, die 3 verschiedenen großen Reiche der organischen Chemie, die Fettkörper, die aromatischen Körper und die Kohlehydrate, mit ihren wichtigsten Eigenschaften, mit ihren vielen Isomerien, mit ihren unzähligen Derivaten aufbauen. Die Annahme der Kugelform für die einfachsten Körperchen der Welt, für die Uratome und die Ätheratome, erscheint aber kaum als eine Hypothese, sondern als eine Selbstverständlichkeit.

Diskussion.

Fricke: Auf der einen Seite wird der Äther als inkompressible Flüssigkeit, auf der anderen Seite als aus elastischen und schweren Atomen bestehend hingestellt. Ich glaube nicht, daß zwischen beiden Ansichten ein Gegensatz besteht, da man die Atome als scheinbar elastische Wirbel des inkompressiblen Äthers auffassen kann.

BESPRECHUNGEN.

H. Gröber, Die Grundgesetze der Wärmeleitung und des Wärmeüberganges. gr. 8°. V u. 271 S. Mit 78 Textfiguren. Berlin, Julius Springer. 1921. M. 46.—, geb. M. 53.—.

Vorliegendes Buch behandelt im ersten Teil die Wärmeleitung in festen Körpern, im zweiten Teil die Wärmeleitung in Flüssigkeiten und Gasen und den Oberflächen-Wärmeübergang. Der Verfasser stellt in klarer anschaulicher Weise die mathematischen Grundlagen der allgemeinen Aufgabe auf. Die allgemeine Methode wird dann auf die praktisch wichtigsten Spezialprobleme angewandt, welche vollständig gelöst werden. Wenn Verfasser sich auch, und zwar mit

Absicht, bei der Ableitung einiger Gleichungen nicht auf streng mathematischen Standpunkt stellt, sondern sich damit begnügt, sie plausibel zu machen und den Leser auf die einschlägige Literatur zu verweisen, so kann dies, bei einem technischen Lehrbuch nur gelobt werden, denn was es dadurch an Strenge verliert, gewinnt es an Übersichtlichkeit und Leichtfaßlichkeit. Für die Zusammenfassung des in der Literatur weit zerstreuten Stoffes zu einem übersichtlich und kritisch dargebotenen Ganzen, wie für die glückliche Anwendung des Prinzips der Ähnlichkeit kann man dem Verfasser nur dankbar sein. Zahlreiche im Text und im Anhang angeführte Zahlentabellen werden dem Praktiker bei der Auswertung seiner Aufgaben willkommen sein, ebenso wie die im Anhang gegebene Zusammenstellung der gebrauchten und abgeleiteten Formeln.

Hummel.

M. Brendel, Über die astronomischen Arbeiten von Gauß. Erster Abschnitt: Theoretische Astronomie. Materialien für eine wissenschaftliche Biographie von Gauß. Heft VII. 8°. 106 S. Leipzig. In Kommission bei B. G. Teubner. 1919. M. 6.— und Teuerungszuschläge.

M. Brendel, dem wir bereits die außerordentlich mühevolle Herausgabe des theoretisch-astronomischen Nachlasses von Gauß in den gesammelten Werken verdanken, gibt in der vorliegenden Schrift eine zusammenfassende Darstellung der veröffentlichten, sowie der unvollendet gebliebenen theoretisch-astronomischen Untersuchungen von Gauß nach Entstehung und Inhalt. Die einzelnen Abschnitte beschäftigen sich mit der Theorie des Mondes, der Bahnbestimmung aus drei oder vier Beobachtungen, der Bahnverbesserung, sowie den Störungsrechnungen für Ceres und Pallas.

Die Arbeit Brendels eröffnet erst das volle Verständnis für die ungeheuere geistige Leistung, die Gauß auf astronomischem Gebiet, vor allem auch in den durch den Nachlaß bekannt gewordenen Untersuchungen vollbracht hat, und sie bildet so recht eigentlich den Schlüssel zum Studium der astronomischen Teile von Gauß' Werken. A. Kopff.

Personalien.

(Der Herausgeber bittet die Herren Fachgenossen, der Schriftleitung von eintretenden Änderungen möglichst bald Mitteilung zu machen.)

Ernannt: Der a. o. Professor an der Universität Hamburg Dr. Johann Radon zum ord. Professor der Mathematik an der Universität Greifswald, der Privatdozent an der Universität Berlin Dr. Max Bergmann zum Direktor des Kaiser-Wilhelm-Instituts für Lederforschung in Dresden und zum Honorarprofessor für Chemie an der Technischen Hochschule daselbst, der ord. Professor an der Universität Jassy Dr. Victor Vâlcovici zum ord. Professor der Mechanik an der Technischen Hochschule Temesvar (Rumänien) und zugleich zum Rektor dieser Hochschule, an der Universität Marburg Regierungsrat Dr. Arnold Reissert (Chemie), Dr. Friedrich v. Dalwigk (Mathematik) und Dr. Emil Take (Physik) zu a. o. Professoren, der Privatdozent für Chemie an der Universität Jena Dr. Paul Hirsch zum a. o. Professor, der Privatdozent für Mechanik und Mathematik an der Technischen Hochschule Karlsruhe, zuletzt in Berlin Dr. Fritz Noether zum a. o. Professor für Mathematik an der Universität Heidelberg, an der Technischen Hochschule Berlin Dr. Erich Lehmann (Chemie des Lichtes, speziell Farbenphotographie), Dr. Alfred Schaarschmidt (Technologie der Farbstoffe), Dr. Karl Herrmann (Elektronenbau der Atome) und Dr. Helmuth Scheibler (Chemie der heterozyklischen Verbindungen) zu a. o. Professoren.

Berufung: An Stelle des zurückgetretenen Wirkl. Geh. Oberregierungsrats Professor Dr. Emil Warburg ist der ord. Professor der physikalischen Chemie Geh. Regierungsrat Dr. Walter Nernst als Präsident der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt in Aussicht genommen, der a. o. Professor an der Universität Tübingen Dr. Christian Füchtbauer zum ord. Professor der Physik an der Universität Rostock.

Abgelehnte Berufung: Professor Dr. Stjepan Mohorovičić in Zagreb, als Observator an die Kgl. Landesanstalt für Meteorologie und Geodynamik daselbst.

Gestorben: Der Professor der Chemie an der Universität Bologna Dr. Giacomo Ciamician, der frühere ord. Professor der Mathematik an der Universität Breslau Geh. Regierungsrat Dr. Jakob Rosanes.

Angebote.

Physiker,

vertraut mit Röntgentechnik und verwandten Gebieten, gesucht.

Medizinisch-Technische Company, Berlin, Charlottenstraße 95.

Gesuche.

Physiker, Dr. rer. nat.

25 Jahre, 1½ Jahr Hochschulassistent, sucht Stellung in der Industrie. Angebote unter **S. H. 590** an den Verlag der Physikalischen Zeitschrift (S. Hirzel) in Leipzig, Königstraße 2 erbeten.

Physiker,

Dr. phil. nat., Assistent an physikalischem Universitätsinstitut, in ungekündigter Stellung, mit besten Empfehlungen sucht vom Sommersemester 1922 ab ebensolche Stelle an Universität, Technischer Hochschule oder Forschungslaboratorium der Industrie. Angebote unter **S. H. 591** an den Verlag der Physikal. Zeitschrift (S. Hirzel) in Leipzig, Königstraße 2 erbeten.

Für die Schriftleitung verantwortlich Dr. Erich Hückel in Göttingen. — Verlag von S. Hirzel in Leipzig.
Druck von August Pries in Leipzig.

Zürich Lesesaal

Physikalische Zeitschrift

Begründet von **E. Riecke** und **H. Th. Simon**

Herausgeber:
Professor Dr. **M. Born** und
Professor Dr. **P. Debye**

Schriftleiter:
Dr. **Erich Hückel** in Göttingen

Die Physikalische Zeitschrift erscheint monatlich zweimal im Umfange von zwei bis vier Bogen zum Preise von jährlich 150 Mark, bei unmittelbarer Zustellung unter Kreuzband 210 Mark, im Ausland je nach dem Valutastande. Bestellungen nehmen jede Buchhandlung, die Post sowie die Verlagsbuchhandlung entgegen. Anzeigen werden für die einmal gespaltene Petitzeile mit 3.— Mk., Beilagen nach Vereinbarung berechnet; bei Wiederholungen tritt Ermäßigung ein.

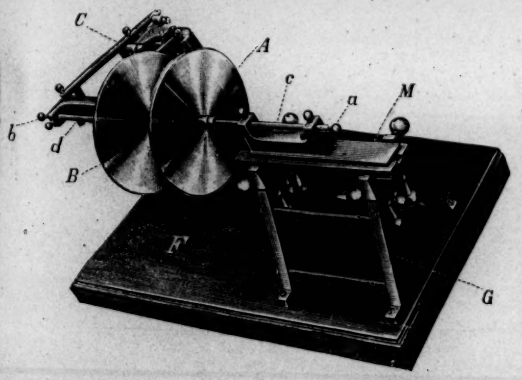
Alle Manuskriptsendungen und darauf bezügliche Zuschriften sind zu richten entweder an die Herausgeber: Professor Dr. M. Born, Göttingen, Planckstraße 21, und Professor Dr. P. Debye, Zürich, Physikgebäude, Gloriastr. 35 oder an die Schriftleitung: Dr. Erich Hückel, Göttingen, Bunsenstraße 9, Physikalisches Institut der Universität, alle Büchersendungen und Anzeigenaufträge an den

Verlag von **S. Hirzel** in Leipzig, Königstraße 2.

No. 3. 1. Februar 1922. No. 607. 23. Jahrgang.

Phys.-mech. Institut von Prof. Dr. M. Th. Edelmann & Sohn,

München.



Luft-kondensator

nach

Kohlrausch.

Katalog 30 erschienen und ebenso wie Spezialliste No. 29 über Saitengalvanometer und Registrierapparate, Spezialliste No. 31 über einfache Präzisionsschulapparate gratis und franko.

Inhaltsverzeichnis:

(B. — Besprechungen.)

Seite

Ahlborn, F., Turbulenz und Geschwindigkeitsverteilung in Flußläufen 57

Biehle, J., Der Einfluß der Aufhängung schwingender Glocken auf ihre Tongebung. (B.) 80

D-Linien: Über den Einfluß des Druckes fremder Gase auf — in gesättigtem *Na*-Dampf, v. R. Minkowski 69

Flammenionen: Über das Leuchten der Flammenionen im Luftfunken, v. H. Greinacher 65

Flußläufe: Turbulenz und Geschwindigkeitsverteilung in —, v. F. Ahlborn 57

Füchtbauer, Chr. u. G. Joos, Über Intensität und Verbreiterung von Spektrallinien 69

Gase: Über den Einfluß des Druckes fremder Gase auf *D*-Linien in gesättigtem *Na*-Dampf, v. R. Minkowski 69

Seite

Glocken: Der Einfluß der Aufhängung schwingender — auf ihre Tongebung, v. J. Biehle. (B.) 80

Greinacher, H., Über das Leuchten der Flammenionen im Luftfunken 65

Joos, G. u. Chr. Füchtbauer, Über Intensität und Verbreiterung von Spektrallinien 69

Luftfunken: Über das Leuchten der Flammenionen im — v. H. Greinacher 65

Minkowski, R., Über den Einfluß des Druckes fremder Gase auf *D*-Linien in gesättigtem *Na*-Dampf . . . 69

Na-Dampf: Über den Einfluß des Druckes fremder Gase auf *D*-Linien in gesättigtem —, v. R. Minkowski 69

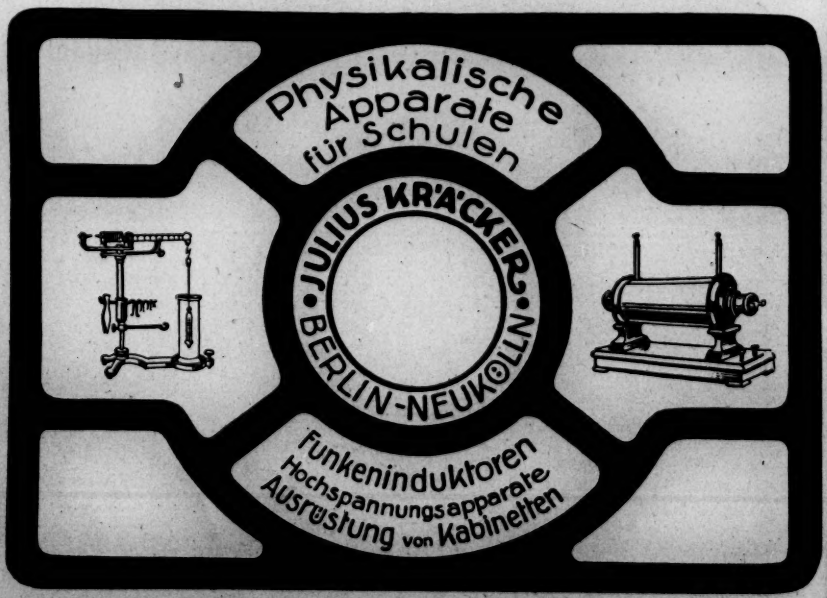
Spektrallinien: Über Intensität und Verbreiterung von —, v. Chr. Füchtbauer u. G. Joos 69

Turbulenz und Geschwindigkeitsverteilung in Flußläufen, v. F. Ahlborn 57

Gesuche.

Physiker, Dr. rer. nat.

25 Jahre, $1^1/_2$ Jahr Hochschulassistent, sucht Stellung in der Industrie. Angebote unter **S. H. 590** an den Verlag der Physikalischen Zeitschrift (S. Hirzel) in Leipzig, Königstraße 2 erbeten.

Physiker,

Dr. phil. nat., Assistent an physikalischem Universitätsinstitut, in ungekündigter Stellung, mit besten Empfehlungen sucht vom Sommersemester 1922 ab ebensolche Stelle an Universität, Technischer Hochschule oder Forschungslaboratorium der Industrie. Angebote unter **S. H. 591** an den Verlag der Physikal. Zeitschrift (S. Hirzel) in Leipzig, Königstraße 2 erbeten.